



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ &
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ**

Διπλωματική εργασία

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΑΝΑΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ORIENT
COPPER**

Μαϊάς Ράμζι

**Επιβλέπων:
Λεώπουλος Β.Ι.Ν
Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.**

**Αθήνα,
Νοέμβριος 2013**

Περιεχόμενα

1.Εισαγωγή	4
2. Περιγραφή του προβλήματος.....	6
3. Η εταιρεία.....	8
3.1 Γενικά.....	8
3.1.1 Ιστορικό.....	8
3.1.2 Προϊόντα	9
3.1.3 Πρώτες ύλες	9
3.1.4 Εργατικό Δυναμικό	10
3.1.5 Πελατολόγιο	10
3.1.6 Η εγχώρια αγορά	10
3.1.7 Δυνατότητες εξαγωγής	10
3.2 Διαδικασίες.....	12
3.3 Προβλήματα – αστοχίες κατά την παραγωγή	37
3.4 Έλεγχοι	41
4.Λειτουργία υδρομετρητών	43
4.1 Είδη Υδρομετρητών	43
4.1.1 Υδρομετρητές απλής ριπής	45
4.1.2 Υδρομετρητές πολλαπλής ριπής (Multiple jet meters)	50
4.1.3 Υδρομετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου (Oscillating piston meters).....	53
4.1.4 Υδρομετρητές ταλαντευόμενου δίσκου (Nutating disc meters).....	57
4.2 Μετρολογικά χαρακτηριστικά υδρομετρητή.....	58
4.2.1 Τυπική καμπύλη σφάλματος υδρομετρητή (Accuracy curve)	59
4.3 Τεχνικοί παράγοντες.....	62
4.4 Διεθνή πρότυπα	64
5. ΘΕΩΡΙΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	66
5.1 Ποιότητα	66
5.1.1 Η στρατηγική σημασία της ποιότητας.....	66
5.1.2 Σύγκριση ποιότητας με παραγωγικότητα και αποδοτικότητα	67
5.1.3 Ορισμοί της ποιότητας.....	68
5.1.4 Ιστορική αναδρομή της ποιότητας	70
5.2 Οικονομική ανάλυση της ποιότητας	72
5.2.1 Ορισμός του κόστους ποιότητας.....	72
5.2.2 Το υψηλό κόστος της χαμηλής ποιότητας.....	73
5.2.3 Ανάλυση του κόστους ποιότητας	75
5.3 Έλεγχος ποιότητας.....	77

5.3.1 Γενικά.....	77
5.3.2 Περιγραφή βασικού μηχανισμού ελέγχου	77
5.3.3 Σύστημα ελέγχου ποιότητας.....	79
5.3.4 Οργάνωση και ανάθεση ευθύνης ελέγχου	84
5.3.5 Έλεγχος παραγωγικής διαδικασίας	85
5.4 Στατιστικός έλεγχος ποιότητας.....	86
5.4.1 Βασικά εργαλεία.....	86
5.4.2 Μεταβλητότητα, όρια και διακυμάνσεις.....	90
5.4.3 Διαγράμματα ελέγχου μέσης τιμής – ακραίας διαφοράς	93
5.4.4 Προϋποθέσεις	96
5.4.5 Δυσκολίες στην εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας.....	96
5.5 Ικανότητα διαδικασιών.....	97
5.5.1 Γενικά.....	97
5.5.2 Ιστορική αναδρομή.....	98
5.5.3 Τρόπος λειτουργίας	99
5.5.4 Βασικοί δείκτες.....	101
6. Προτάσεις βελτίωσης.....	104
6.1 Αρχείο συντήρησης εξοπλισμού	104
6.2 Έλεγχοι ποιότητας	105
6.3 Διάγραμμα Αιτιών –Αποτελεσμάτων (cause and effect analysis).....	112
6.4 Ιχνηλασιμότητα	113
6.4.1 Ορισμοί ιχνηλασιμότητας	113
6.4.2 Αποτελεσματικότητα	115
6.4.3 Προβλήματα της ιχνηλασιμότητας.....	115
6.4.4 Εφαρμογή.....	116
7. Αναμενόμενα αποτελέσματα.....	121
7.1 Ιχνηλασιμότητα	121
7.2 Αρχείο συντήρησης εξοπλισμού	122
7.3 Διαγράμματα ελέγχου για μεταβλητές	122
7.4 Διαγράμματα αιτίου – αποτελέσματος.....	123
Βιβλιογραφία.....	124

1.Εισαγωγή

Ο ανταγωνισμός των επιχειρήσεων σε παγκόσμια κλίμακα είναι γνωστό ότι βρίσκεται σε πολύ υψηλό επίπεδο και θα φτάσει σε ακόμα υψηλότερο. Η κατάργηση των συνόρων, η απλοποίηση των τελωνειακών περιορισμών με συνέπεια την ευρεία διακίνηση των προϊόντων σε όλες τις χώρες, έχει δημιουργήσει πολύ απαιτητικούς πελάτες οι οποίοι πλέον έχουν την τάση να ζητούν όχι μόνο το φθηνότερο αλλά και το καλύτερο.

Οι εταιρείες που παρακολουθούν αυτές τις παγκόσμιες αλλαγές στην συμπεριφορά των πελατών τους, δείχνουν αποφασισμένες να επενδύσουν και να δουλέψουν σκληρά ώστε να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις των πελατών τους, διότι σήμερα πλέον το σημαντικότερο κριτήριο της ποιότητας ενός προϊόντος ή μιας υπηρεσίας, είναι η μεγαλύτερη κατά το δυνατόν ικανοποίηση του πελάτη. Οι υποδείξεις και οι απαιτήσεις του πρέπει να αντιμετωπίζονται με τεράστια σοβαρότητα αλλά και συστηματικότητα διότι αυτό θα τους εξασφαλίσει νέες πωλήσεις αλλά και μεγαλύτερο μερίδιο στην αγορά και θα μπορέσει να εξασφαλίσει τη βιωσιμότητα της επιχείρησης. Εκτός από την θέλησή τους όμως να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις και τις ανάγκες των πελατών τους, πρέπει να είναι ικανές να διαμορφώσουν την παραγωγική τους διαδικασία έτσι ώστε μέσα από αυτή τα προϊόντα τους να έχουν τα επιθυμητά ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η ποιότητα λοιπόν των προϊόντων και των υπηρεσιών μίας επιχείρησης εξαρτάται καθοριστικά από την δημιουργία και εφαρμογή ενός ορθολογικού Συστήματος διοίκησης και διαχείρισης της παραγωγικής διαδικασίας αλλά και της ευρύτερης λειτουργίας της επιχείρησης. Ένα τέτοιο σύστημα πρέπει οπωσδήποτε να εκφράζει τις αρχές της διασφάλισης της ποιότητας και μέσα από την λειτουργία του και την συνεχή βελτίωσή του.

Η παγκόσμια ζήτηση για νερό αυξάνεται ραγδαία και στα επόμενα 20 χρόνια αναμένεται η ζήτηση να αυξηθεί κατά 40% από τα σημερινά επίπεδα. Αυξάνοντας τόσο πολύ τη ζήτηση θα γίνονται όλο και περισσότερες προσπάθειες για την παραγωγή εργαλείων που θα διαχειρίζονται αυτό το πολύτιμο αγαθό με όσο μεγαλύτερη ακρίβεια είναι εφικτή.

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την περίπτωση μιας εταιρείας παραγωγής υδρομετρητών. Μέσα από αυτές τις σελίδες θα παρουσιάσουμε και θα εξηγήσουμε σε βάθος τον τρόπο λειτουργίας ενός υδρομετρητή. Θα δούμε τις προϋποθέσεις που πρέπει να πληροί ώστε να γίνει δεκτό για την καταμέτρηση ενός τόσο πολύτιμου αγαθού όπως είναι το νερό. Θα περιγράψουμε αναλυτικά όλες τις διαδικασίες βήμα- βήμα που απαιτούνται να ακολουθηθούν ώστε η πρώτη ύλη να διαμορφωθεί σε ένα τελικό προϊόν αλλά και τις δυσκολίες που παρουσιάζονται. Τέλος θα προτείνουμε λύσεις και προτάσεις απλές αλλά αποτελεσματικές που θα βοηθήσουν την εταιρεία να υπερβεί τις τρέχουσες δυσκολίες και τα προβλήματα για έναν πιο σταθερό και ποιοτικό τρόπο λειτουργίας, επίβλεψης της παραγωγικής της διαδικασίας αλλά και μείωση κόστους.

Αναλυτικότερα, στο κεφάλαιο 3 θα περιγράψουμε την επιχείρηση. Θα περιγράψουμε τα προϊόντα που παράγει και τις δυνατότητές της. Θα εξετάσουμε τις πρώτες ύλες που χρησιμοποιούνται, το υπάρχον πελατολόγιο και τις ανάγκες της εγχώριας αγοράς. Επίσης θα εξετάσουμε λεπτομερώς τις διαδικασίες που απαιτούνται για να παραχθεί το τελικό προϊόν με όλα τα προβλήματα που συναντώνται κατά τη διαδικασία παραγωγής.

Στο κεφάλαιο 4 θα αναλύσουμε τη λειτουργία των υδρομετρητών. Θα εξετάσουμε τις κατηγορίες και τις υποκατηγορίες των υδρομετρητών αλλά και τον τρόπο λειτουργίας τους. Θα γίνει επίσης ανάλυση των μετρολογικών χαρακτηριστικών τους και θα αναφερθούν τα διεθνή πρότυπα που ισχύουν.

Στο κεφάλαιο 5 θα προσπαθήσουμε να αναλύσουμε την έννοια της ποιότητας, τις διαστάσεις της και τη στρατηγική της σημασία. Θα γίνει οικονομική ανάλυση της ποιότητας και το αντίκτυπο που έχει στο κόστος παραγωγής. Θα μιλήσουμε επίσης για τον έλεγχο ποιότητας, τα βασικά εργαλεία του στατιστικού ελέγχου ποιότητας, τις δυσκολίες που μπορεί να αντιμετωπίσουμε κατά την εφαρμογή του αλλά και θα εξετάσουμε τις έννοιες μεταβλητότητα και όρια.

Στο έκτο κεφάλαιο θα κάνουμε κάποιες προτάσεις βελτίωσης όσον αφορά τις διαδικασίες της επιχείρησης. Οι προτάσεις αυτές έχουν απώτερο σκοπό την οργάνωση της εταιρείας ως προς την ανάκτηση πληροφορίας, την μείωση των παραγόμενων ελαττωματικών προϊόντων όπως επίσης και την αύξηση της αποδοτικότητας.

Στο έβδομο κεφάλαιο θα αναφέρουμε τα αποτελέσματα που αναμένουμε από την εφαρμογή κάθε πρότασης μας.

2. Περιγραφή του προβλήματος

Αντικείμενο της εργασίας είναι η μελέτη θεμάτων που έχουν σχέση με την ποιότητα των προϊόντων.

Ειδικότερα μέσα από την συγκεκριμένη εργασία γίνεται λεπτομερή καταγραφή της παραγωγικής διαδικασίας της επιχείρησης σε όλα τα στάδια και των υφιστάμενων σημείων ελέγχου της ποιότητας.

Οι εφαρμοζόμενοι έλεγχοι ποιότητας θα εξεταστούν αναλυτικά και θα μελετηθεί αν απαιτείται συμπλήρωση, αναμόρφωση, καθιέρωση νέων ελέγχων με σκοπό την ανάπτυξη ενός πλήρους συστήματος ελέγχου ποιότητας.

Ειδικότερα θα εξετασθούν τα σημεία ελέγχου και θα μελετηθεί η αλλαγή και βελτίωση των τρόπων ελέγχου των παραγόμενων προϊόντων έτσι ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα των προϊόντων να μειωθεί ο χρόνος εντοπισμού των ελαττωματικών προϊόντων έγκαιρα που με τη σειρά του θα συμβάλλει στη μείωση του κόστους παραγωγής αφού θα εντοπίζονται τα προβλήματα πριν ολοκληρωθεί η παραγωγική διαδικασία.

Συγκεκριμένα, θα προσπαθήσουμε να προτείνουμε τρόπους για τον έγκαιρο εντοπισμό χυτών με ρωγμές. Επίσης να αναζητήσουμε και θα προτείνουμε εργαλεία που θα μας βοηθήσουν να προσδιορίσουμε τους λόγους στους οποίους οφείλεται η ύπαρξη αυτών των ρωγμών στα προϊόντα.

Θα εξετάσουμε την δημιουργία αρχείων όσον αφορά στις ενέργειες που αφορούν τον εξοπλισμό και τις συμπληρωματικές ύλες.

Την ανάπτυξη επιστημονικού υπόβαθρου όσον αφορά στον δειγματοληπτικό έλεγχο που διενεργείται σε κάποιον από τους ελέγχους ποιότητας σε συνέπεια τα αποτελέσματα αυτών των ελέγχων να οδηγεί σε ορθά συμπεράσματα.

Η εφαρμογή ενός Συστήματος Ελέγχου Ποιότητας θα ενισχύσει την προοπτική της εταιρείας να προχωρήσει στις απαιτούμενες ενέργειες για την ανάπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης ποιότητας το οποίο θα πιστοποιηθεί από σχετικό οργανισμό πιστοποίησης.

Τα οφέλη από την πιστοποίηση θα είναι πολλά, όπως η βελτίωση της εικόνας της, όπως επίσης μπορεί να αποτελέσει και ένα μέσο διαφήμισης. Θα διευκολύνει και θα απλοποιήσει τις διαδικασίες αποδοχής της ποιότητας για την συμμετοχή σε διαγωνισμούς. Θα διευκολύνει την εσωτερική οργάνωση

λειτουργίας της επιχείρησης όπως επίσης θα αναβαθμίσει γενικότερα την πολιτική ποιότητα της εταιρείας.

Η πιστοποίηση της εταιρείας θα επιτρέψει την ανάπτυξη της προς νέες αγορές εντός της χώρας αφού οι κύριοι ανταγωνιστές της επιχείρησης δεν είναι κάτοχοι κάποιας πιστοποίησης. Η πιστοποίηση είναι ένας λόγος και ένα κίνητρο για να εμπιστευθεί ένας νέος πελάτης μια εταιρεία με την οποία δεν έχει συνεργαστεί στο παρελθόν.

Η πιστοποίηση θα αποτελέσει επίσης διαβατήριο ώστε η εταιρεία να επεκταθεί εκτός συνόρων. Η πιστοποίηση είναι το γνώρισμα που θα είναι αναγνωρίσιμο από οποιοδήποτε πελάτη θελήσει να ξεκινήσει μια νέα συνεργασία με την επιχείρηση.

3. Η εταιρεία

3.1 Γενικά

Η εταιρεία Orient Copper Co. ιδρύθηκε το 1983 στη βιομηχανική ζώνη του Borg El Arab, 60 χλμ. δυτικά της Αλεξάνδρειας Αιγύπτου, η οποία καλύπτει μια έκταση και φιλοξενεί πάνω από 400 βιομηχανικές μονάδες.

Η εταιρεία αποτελείται από 2 μονάδες συνολικής έκτασης 3.000m². Στη μία μονάδα λαμβάνει χώρα η αποθήκευση των πρώτων υλών και διαδικασία της χύτευσης. Στην άλλη μονάδα πραγματοποιούνται οι υπόλοιπες μηχανουργικές διαδικασίες, η βαθμονόμηση και η συσκευασία.

3.1.1 Ιστορικό

Η εταιρεία ιδρύθηκε με σκοπό να καλύψει το κενό που υπήρχε στην εγχώρια παραγωγή ποιοτικών πόμολων που είχε ως αποτέλεσμα την εισαγωγή τους στην εγχώρια αγορά από την Ευρώπη με πολύ υψηλό κόστος. Για να διασφαλίσει μια ποιότητα αντάξια των ανταγωνιστών στράφηκε στην Ιταλία για την αγορά του εξοπλισμού της εξ ολοκλήρου. Τα αρχικά προϊόντα της εταιρείας ήταν πόμολα και πλακίδια κάλυψης διακόπτων ρεύματος.



Εικόνα 3.1: Αρχικά προϊόντα επιχείρησης

Η εταιρεία διέθετε τα προϊόντα της στην εγχώρια αγορά αλλά και σε άλλες αραβικές χώρες. Στη συνέχεια πρόσθεσε στην γκάμα των προϊόντων της και άλλα όπως διακοσμητικά πιάτα, τασάκια, τραπέζια που όλα είχαν κοινό σημείο την πρώτη τους ύλη, τον ορείχαλκο.

Για αρκετά χρόνια λειτούργησε και ως υπεργολάβος για την ιταλική εταιρεία Genesis Maniglie και την γαλλική Actaris.

Το 1993 προστέθηκε στα προϊόντα και το καπάκι υδρομετρητή (closing head) με πελάτη το αιγυπτιακό δημόσιο και συγκεκριμένα το στρατιωτικό εργοστάσιο συναρμολόγησης υδρομετρητών. Όντας ικανοποιημένος ο πελάτης από την ποιότητα και την ταχύτητα παραγωγής, το 1996 ζήτησαν από την εταιρεία να παράγει και το κέλυφος υδρομετρητή (body).

Το 2008 βλέποντας ότι πλέον έχει αποκτήσει επαρκή εμπειρία στην κατασκευή του κελύφους υδρομετρητή θέλησε να εξελιχθεί συναρμολογώντας η ίδια υδρομετρητές προμηθεύοντας τους στην εταιρεία ύδρευσης.

Ύστερα από πολύμηνη έρευνα και συζητήσεις με αρκετούς ευρωπαϊκούς οίκους κατασκευής υδρομετρητών κατέληξε σε συμφωνία με τον ιταλικό οίκο Maddalena.

3.1.2 Προϊόντα

Μετά από μελέτη των προδιαγραφών της εταιρείας ύδρευσης και συζητήσεως με τον οίκο Maddalena, η εταιρεία επέλεξε τον μηχανισμό DS S/D. Ο μηχανισμός αυτός εισάγεται σε 4 διαφορετικά είδη υδρομετρητή:

- Ταχυμετρικός υδρομετρητής(πολλαπλής ριπής) ½ ίντσας
- Ταχυμετρικός υδρομετρητής(πολλαπλής ριπής) ¾ ίντσας
- Ταχυμετρικός υδρομετρητής(πολλαπλής ριπής) 1 ¼ ίντσας
- Ταχυμετρικός υδρομετρητής(πολλαπλής ριπής) 1 ½ ίντσας

Ο ετήσιος όγκος παραγωγής ανέρχεται περίπου στις 250.000 τεμάχια υδρομετρητών και 250.000 τεμάχια καπακιών. Ο όγκος παραγωγής ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος του υδρομετρητή. Όσο μεγαλώνει η διάμετρος ο ρυθμός παραγωγής μειώνεται.

3.1.3 Πρώτες ύλες

Η πρώτη ύλη την οποία χρησιμοποιούσε πάντα η εταιρεία είναι ο ορείχαλκος. Παλαιότερα η χρήση scrap ήταν συχνή αλλά λόγω των αυστηρών προδιαγραφών ως προς την περιεκτικότητα των στοιχείων και κυρίως του μολύβδου που δεν πρέπει να υπερβαίνει το 2.5% αλλά και κάποιων προβλημάτων κατά την παραγωγή δεν χρησιμοποιείται πλέον. Η πρώτη ύλη που χρησιμοποιείται πλέον εισάγεται από την Ιταλία και έχει την παρακάτω σύσταση.

Element %	Cu	Pb	Sn	Mn	Al	Fe	Ni	Si	Zn
Min	58.00	1.800			0.400	0.3000	0.300		rest
Max	60.00	2.500	0.800	0.200	0.800	0.8000	1.200	0.0500	rest

3.1.4 Εργατικό Δυναμικό

Στην εταιρεία εργάζονται 25 άτομα, πλήρους απασχόλησης. Το εργατικό δυναμικό είναι έμπειρο όσον αφορά τις διαδικασίες της παραγωγής της επιχείρησης αφού μετράει από 13 έως 25 χρόνια προϋπηρεσίας.

3.1.5 Πελατολόγιο

Το πελατολόγιο των υδρομετρητών είναι η Εταιρεία Ύδρευσης και Αποχέτευσης Αιγύπτου αλλά και ένα μικρό ποσοστό που αποτελείται από καταναλωτές ιδιώτες που σε κάποιες περιπτώσεις επιτρέπεται να επιλέξουν και να εγκαταστήσουν υδρομετρητές που θα προμηθευτούν από την ελεύθερη αγορά.

3.1.6 Η εγχώρια αγορά

Χωροθετημένη στην ακραία βορειοανατολική γωνιά της Αφρικής, η Αίγυπτος είναι η πολυπληθέστερη χώρα της μέσης ανατολής με πληθυσμό 85 εκατομμυρίων. Ως η τρίτη πολυπληθέστερη χώρα της Αφρικής, με μεγάλο ρυθμό αύξησης πληθυσμού, η Αίγυπτος είναι μια μεγάλη αγορά με διαρκείς ανάγκες σε αγαθά.

Η ζήτηση σε υδρομετρητές της εγχώριας αγοράς σε ετήσια βάση είναι περίπου οι παρακάτω:

- ½ ίντσας 120.000 μονάδες
- ¾ ίντσας 350.000 μονάδες
- 1¼ ίντσας 10.000 μονάδες
- 1½ ίντσας 5.000 μονάδες

Όπως βλέπουμε υπάρχει μεγάλη ζήτηση που δύσκολα μπορεί να καλύψει μία μόνο εταιρεία.

3.1.7 Δυνατότητες εξαγωγής

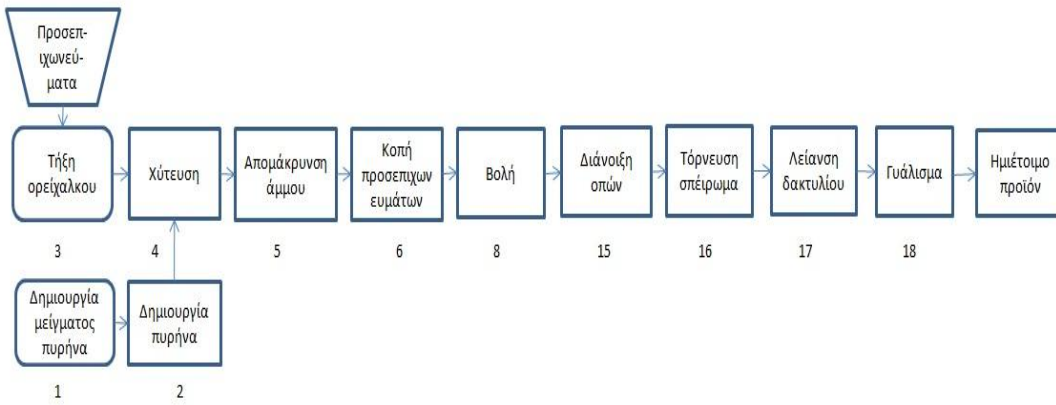
Η Αίγυπτος ως χώρα της Μέσης Ανατολής και της Αφρικής έχει το προτέρημα να εισάγει τα προϊόντα της, στα υπόλοιπα κράτη της Μέσης Ανατολής και της Αφρικής, με μειωμένους τελωνειακούς δασμούς έως και μηδενικούς μέσω των διακρατικών και άλλων συμφωνιών (comesa).

Μετά από έρευνα της αφρικανικής αγοράς διαπιστώθηκε ότι η μεγαλύτερη ζήτηση είναι κυρίως σε υδρομετρητές προπληρωμένης χρήσης. Η εταιρεία στην παρούσα φάση μελετά την αγορά των προπληρωμένων υδρομετρητών για την εύρεση του κατάλληλου μηχανισμού.

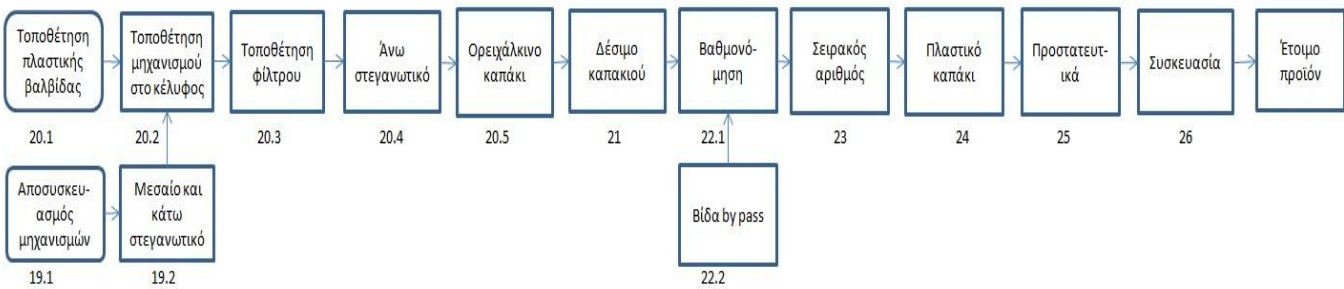
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΗ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΠΑΚΙΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΩΝ



3.2 Διαδικασίες

1. Δημιουργία μείγματος πυρήνα

Εξοπλισμός : κάδος με αναδευτήρα χωρητικότητας 100 κιλών

Παραγωγικότητα : 2000 κιλά

Αριθμός εργαζομένων: 1

Για τη δημιουργία του μείγματος τοποθετείται στον κάδο η άμμος, η ρητίνη και ο σταθεροποιητής στην κατάλληλη αναλογία και αναμειγνύονται. Όσο πιο ψιλή (μικρόκοκκος) είναι η άμμος τόσο καλύτερα ώστε να προσδώσει στο χυτό λεία επιφάνεια. Ο εργαζόμενος αυτής της διαδικασίας είναι υπεύθυνος για την τροφοδότηση της μηχανής της επόμενης διαδικασίας.



Εικόνα 3.2: Κάδος δημιουργίας μείγματος πυρήνα

2. Δημιουργία πυρήνα

Εξοπλισμός : Μηχανή έγχυσης άμμου (sand core making machine)

Παραγωγικότητα : 1100 τεμάχια

Αριθμός εργαζομένων: 1

Το μείγμα τοποθετείται σε μηχανή όπου γίνεται έγχυση μέσα σε θερμό καλούπι (250° C) για την παραγωγή του πυρήνα.



Εικόνα 3.3: Δημιουργία πυρήνα

3. Τήξη ορείχαλκου

Εξοπλισμός : φούρνος επαγωγής Fommet

Παραγωγικότητα : χωρητικότητας ενός τόνου

Αριθμός εργαζομένων : 1

Η θερμοκρασία τήξης είναι στους 1100° C για να διατηρείται μια ικανοποιητική ρευστότητα.



Εικόνα 3.4: Τήξη του ορείχαλκου

Ο εργαζόμενος είναι υπεύθυνος για την μεταφορά της πρώτης ύλης από την αποθήκη όπως επίσης και για την τροφοδότηση του φούρνου.



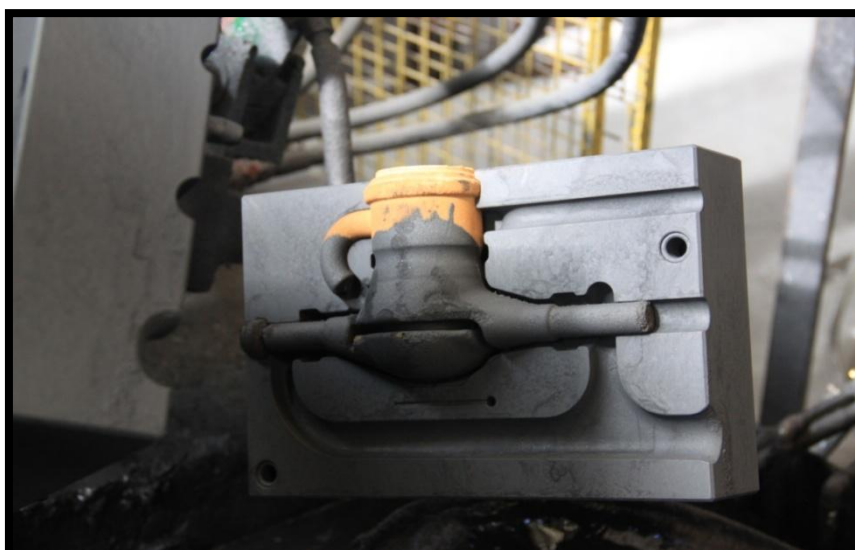
Εικόνα 3.5: Πρώτη ύλη – ορείχαλκος

4.Χύτευση

Εξοπλισμός : πρέσες gravity και die casting
Παραγωγικότητα : εξαρτάται από το μέγεθος του χυτού, ≈ 1200 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων :2

Για την χύτευση των υδρομετρητών χρησιμοποιούνται οι gravity casting πρέσες. Για την χύτευση των καπακιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν και οι δύο ειδών πρέσες.

Κατά τη διαδικασία της χύτευσης τοποθετείται ένας πυρήνας άμμου μέσα στο καλούπι και στη συνέχεια αφού κλείσει γίνεται η έγχυση του ορείχαλκου. Στη συνέχεια το καλούπι ξανανοίγει για να γίνει η εξαγωγή του προϊόντος.



Εικόνα 3.6 : Πυρήνας στο καλούπι



Εικόνα 3.7: Έγχυση ορείγαλκου στο καλούπι



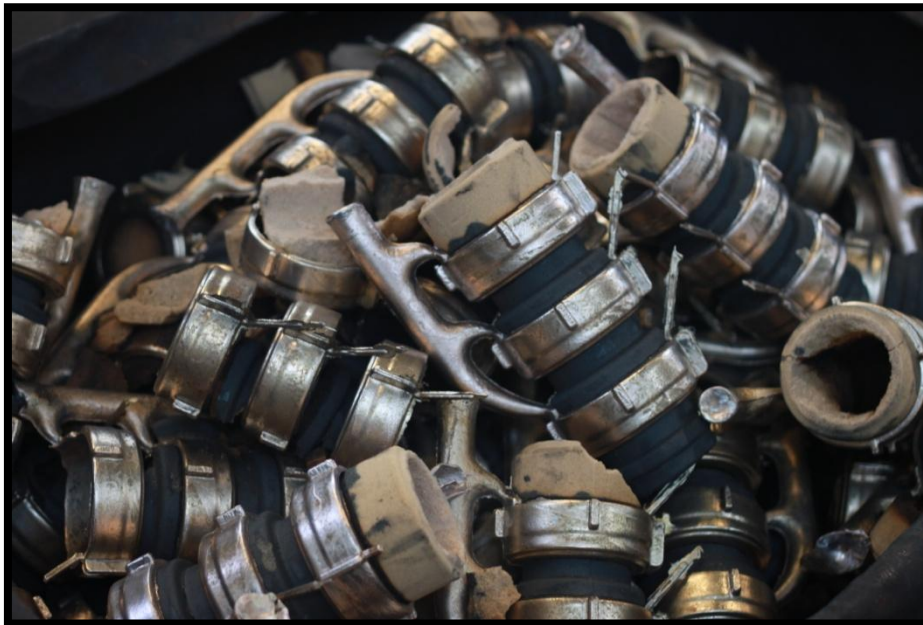
Εικόνα 3.8: Ο υδρομετρητής μετά την πήξη. Διακρίνονται τα προσεπιχωνεύματα και τα υπολείμματα του πυρήνα.

Επειδή η διαδικασία της χύτευσης είναι μια διαδικασία που καταπονεί τον εργαζόμενο (υψηλή θερμοκρασία, μυϊκή καταπόνηση) απασχολούνται 2 εργαζόμενοι που εργάζονται εναλλάξ ανά μία ώρα. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μεγάλη παραγωγικότητα και αποφυγή τυχόν ατυχημάτων λόγω κούρασης ή έλλειψης συγκέντρωσης.

5.Απομάκρυνση παραμένουσας άμμου

Εξοπλισμός : η διαδικασία εκτελείται χειρωνακτικά
Παραγωγικότητα : 1500 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων :2

Σ' αυτήν τη διαδικασία απομακρύνεται η άμμος, ουσιαστικά ο πυρήνας αφού εκτέλεσε τον ρόλο του στην παραγωγική διαδικασία και πλέον δεν είναι απαραίτητος.



Εικόνα 3.9 : Τα καπάκια αμέσως μετά την έγχυση.



Εικόνα 3.10 : Τα καπάκια μετά την αποβολή του πυρήνα

6.Κοπή προσεπιχωνευμάτων

Εξοπλισμός : 2 κοπτικοί τροχοί

Παραγωγικότητα : 1500 τεμάχια

Αριθμός εργαζομένων :2

Μετά την απομάκρυνση της άμμου του πυρήνα γίνεται η κοπή των προσεπιχωνευμάτων για να επιστραφούν προς τήξη και το προϊόν να προχωρήσει στα επόμενα στάδια.



Εικόνα 3.11: Τα καπάκια μετά την κοπή των προσεπιχωνευμάτων



Εικόνα 3.12



Εικόνα 3.13

Εικόνα 3.12 & 3.13 : Κοπή των προσεπιχωνευμάτων στον τροχό

8.Βολή

Εξοπλισμός : περιστρεφόμενος κάδος (steel shot blasting)

Παραγωγικότητα : 3000 τεμάχια

Αριθμός εργαζομένων :1

Επειδή το χυτό είναι πολύ λείο και επειδή υπάρχουν ακόμα υπολείμματα από τη χύτευση που πρέπει να απομακρυνθούν, σε αυτήν τη διαδικασία εισάγονται μέσα σε έναν κάδο που περιστρέφεται και εκτοξεύονται μεταλλικά σφαιρίδια πολύ μικρού διαμετρήματος. Το αποτέλεσμα είναι η διαδικασία αυτή να προσδίδει στο προϊόν μια ομοιόμορφη τραχεία επιφάνεια.



Εικόνα 3.14: Ο περιστρεφόμενος κάδος της βολής



Εικόνα 3.15: Τα καπάκια μετά τη βολή

8. Ηλεκτροστατική Βαφή

Εξοπλισμός : 1 πιστόλι ηλεκτροστατικής βαφής Larius
Παραγωγικότητα : 1300 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων : 1

Ηλεκτροστατική βαφή είναι η επικάλυψη του προϊόντος με εποξυ-πολυεστερικές ρητίνες με σκοπό την επίτευξη του επιθυμητού χρωματισμού και εμφάνισης. Η χρωστική ύλη, σε μορφή πούδρας, φορτίζεται με ηλεκτροστατικό φορτίο και εκτοξεύεται με πεπιεσμένο αέρα από τα πιστόλια βαφής, πάνω στους υδρομετρητές, που είναι γειωμένοι, και επικαλύπτει την

επιφάνειά τους. Η διαφορά ηλεκτροστατικού δυναμικού έχει σαν αποτέλεσμα τη συγκράτηση των κόκκων της χρωστικής ύλης πάνω στην επιφάνεια του ορείχαλκου.

10. Φούρνος

Εξοπλισμός : Φούρνος χωρητικότητας 400 υδρομετρητών

Παραγωγικότητα : 1200 τεμάχια

Αριθμός εργαζομένων :1

Η τελική πρόσφυση της χρωστικής ουσίας επιτυγχάνεται στο επόμενο στάδιο με τον πολυμερισμό της. Ο πολυμερισμός της επιτυγχάνεται κατά την παραμονή τους για μία ώρα σε φούρνο που επικρατεί θερμοκρασία 250°.



Εικόνα 3.16: Ανάρτηση των βαμμένων προϊόντων στο εσωτερικό του φούρνου

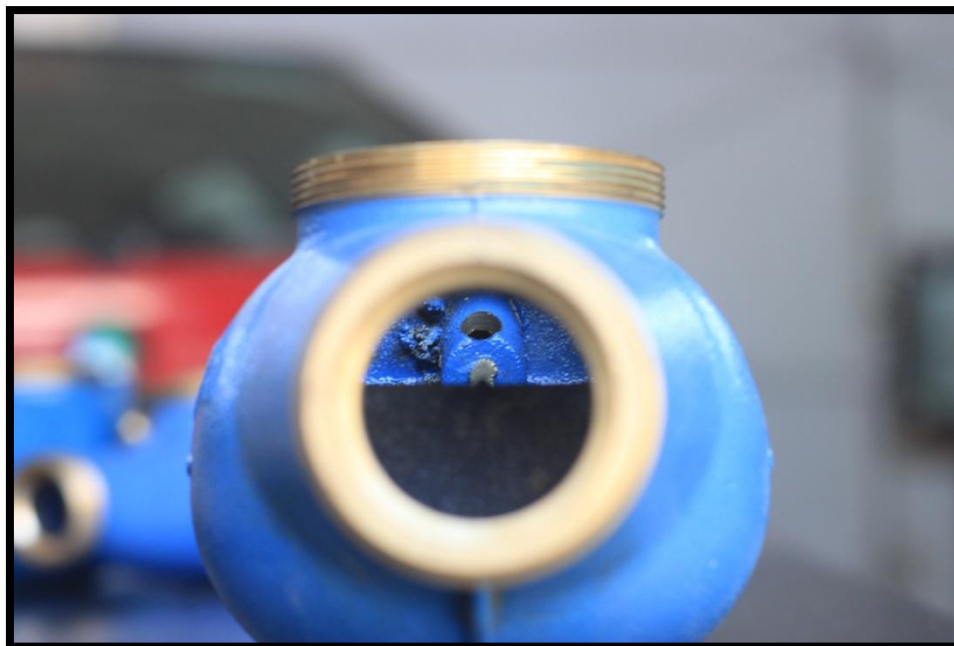


Εικόνα 3.17: Ο υδρομετρητής μετά το πέρας του φούρνου

11.Διάνοιξη εσωτερικής οπής by pass

Εξοπλισμός : Τρυπάνι
Παραγωγικότητα : 1400 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων : 1

Σε αυτήν τη διαδικασία δημιουργείται η οπή από την οποία θα εξέρχεται το νερό το οποίο θα κριθεί ότι δεν πρέπει να διέρχεται από την πτερωτή.



Εικόνα 3.18 : Εσωτερική οπή by-pass

12.Διάνοιξη οπής by-pass

Εξοπλισμός : Αυτόματος τόννος 3 κεφαλών
Παραγωγικότητα : 1300 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων :1

Σε αυτήν τη διαδικασία δημιουργείται η οπή και το εσωτερικό σπείρωμα στο οποίο θα τοποθετηθεί ο ρυθμιστικός κοχλίας του by pass με τον οποίο θα κάνουμε τη βαθμονόμηση.



Εικόνα 3.19

13. Τόρνευση-φρεζάρισμα-σπειρώματα

Εξοπλισμός : Αυτόματος τόρνος 12 κεφαλών
Παραγωγικότητα : 1200 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων : 1

Σε αυτόν τον τόρνο καταργάζεται η βάση, πάνω στην οποία θα εφαρμόσει ο μετρητικός μηχανισμός, το σπείρωμα με το οποίο θα γίνει η συναρμογή του καπακιού καθώς και τα σπειρώματα των στομιών εισόδου και εξόδου του νερού.



Εικόνα 3.20: Τόρνευση - φρεζάρισμα



Εικόνα 3.21: Τόρνευση – φρεζάρισμα

14. Διάνοιξη εσωτερικών εσοχών

Εξοπλισμός : κοπτική μηχανή υδραυλικού εμβόλου
Παραγωγικότητα : 1100 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων : 1

Τελευταία διαδικασία όσον αφορά τις κατεργασίες του σώματος είναι η διάνοιξη εσωτερικών εσοχών που θα σταθεροποιήσουν τον εσωτερικό μηχανισμό ώστε να μην περιστρέφεται γύρω από τον άξονα του και να έχει μονίμως μία σταθερή θέση.



Εικόνα 3.22: Διάνοιξη εσωτερικών εσοχών

15. Διάνοιξη οπών

Εξοπλισμός : τρυπάνι
Παραγωγικότητα : 1300 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων : 1

Σε αυτό το στάδιο γίνεται η διάνοιξη οπών στα «αυτάκια» του καπακιού απ' όπου θα περάσει το σύρμα για να σφραγιστεί από την αρμόδια αρχή.



Εικόνα 3.23

16. Τόρνευση-σπείρωμα

Εξοπλισμός : αυτόματος τόνος 2 κεφαλών

Παραγωγικότητα : 700 τεμάχια

Αριθμός εργαζομένων : 1

Σε αυτή την διαδικασία πραγματοποιείται το εσωτερικό σπείρωμα του καπακιού.



Εικόνα 3.24: Τόρνευση – σπείρωμα καπακιού

17.Λείανση δακτυλίου

Εξοπλισμός : λειαντήρας 2 κεφαλών

Παραγωγικότητα : 2000 τεμάχια

Αριθμός εργαζομένων :2

Σε αυτό το στάδιο γίνεται η λείανση του άνω μέρους του καπακιού έτσι ώστε όταν γραφεί ο σειριακός αριθμός να είναι ευδιάκριτος. Τα ορειχάλκινα καπάκια τοποθετούνται πάνω σε βάσεις και στη συνέχεια τοποθετούνται σε ιμάντα. Λειαινόνται εν κινήσει και αυτό δίνει τη δυνατότητα μεγάλου όγκου παραγωγής.

18.Γυάλισμα

Εξοπλισμός : δίδυμος τροχός-βούρτσα

Παραγωγικότητα : 1400 τεμάχια

Αριθμός εργαζομένων :1-2

Αυτή είναι η τελευταία διαδικασία κατεργασίας όσον αφορά στο καπάκι. Πραγματοποιείται μόνο για αισθητικούς λόγους.

Συναρμολόγηση



Εικόνα 3.25: Συναρμολογημένοι υδρομετρητές έτοιμοι για βαθμονόμηση

19.1 Αποσυσκευασμός των μετρητικών μηχανισμών

19.2 Τοποθέτηση μεσαίου και κάτω στεγανωτικού δακτυλίου

Εξοπλισμός : χειρωνακτικά
Παραγωγικότητα : 1100 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων :1

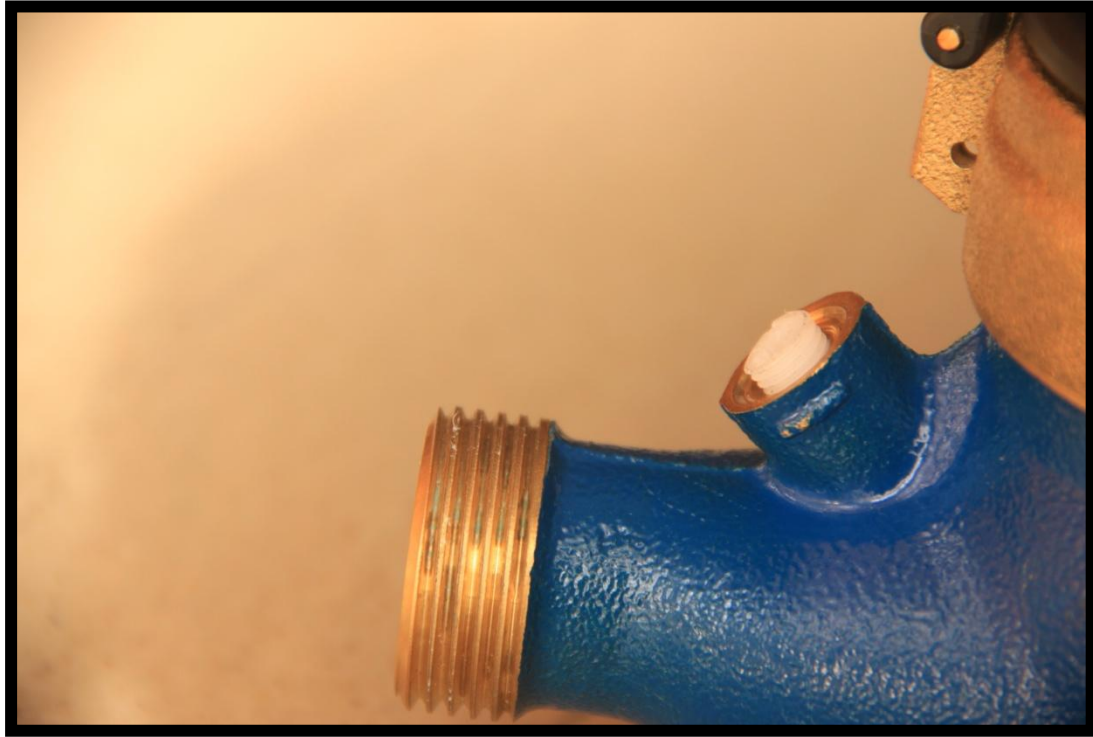
Και οι δύο διαδικασίες πραγματοποιούνται από τον ίδιο εργαζόμενο. Ο κατασκευαστικός οίκος αποστέλλει τους μηχανισμούς συσκευασμένους σε σακουλάκια, οπότε εδώ αποσυσκευάζονται και τοποθετούνται οι στεγανωτικοί δακτύλιοι που θα εφαρμόσουν στη βάση και στο χείλος.



Εικόνα 3.26 : Ο μετρητικός μηχανισμός

20.1 Τοποθέτηση πλαστικής βαλβίδας by pass

Εξοπλισμός : ηλεκτρικό κατσαβίδι
Παραγωγικότητα : 1200 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων :1-2



Εικόνα 3.27 : Διακρίνεται ο άσπρος κοχλίας που εκτελεί χρέη βαλβίδας

Εδώ τοποθετείται ο πλαστικός κοχλίας που εκτελεί χρέη βαλβίδας. Μέσω αυτού αυξομειώνεται η ροή της πτερωτής και έτσι επιτυγχάνεται η βαθμονόμηση του.

20.2 Τοποθέτηση του μηχανισμού στο κέλυφος

20.3 Τοποθέτηση φίλτρου στο στόμιο εισόδου

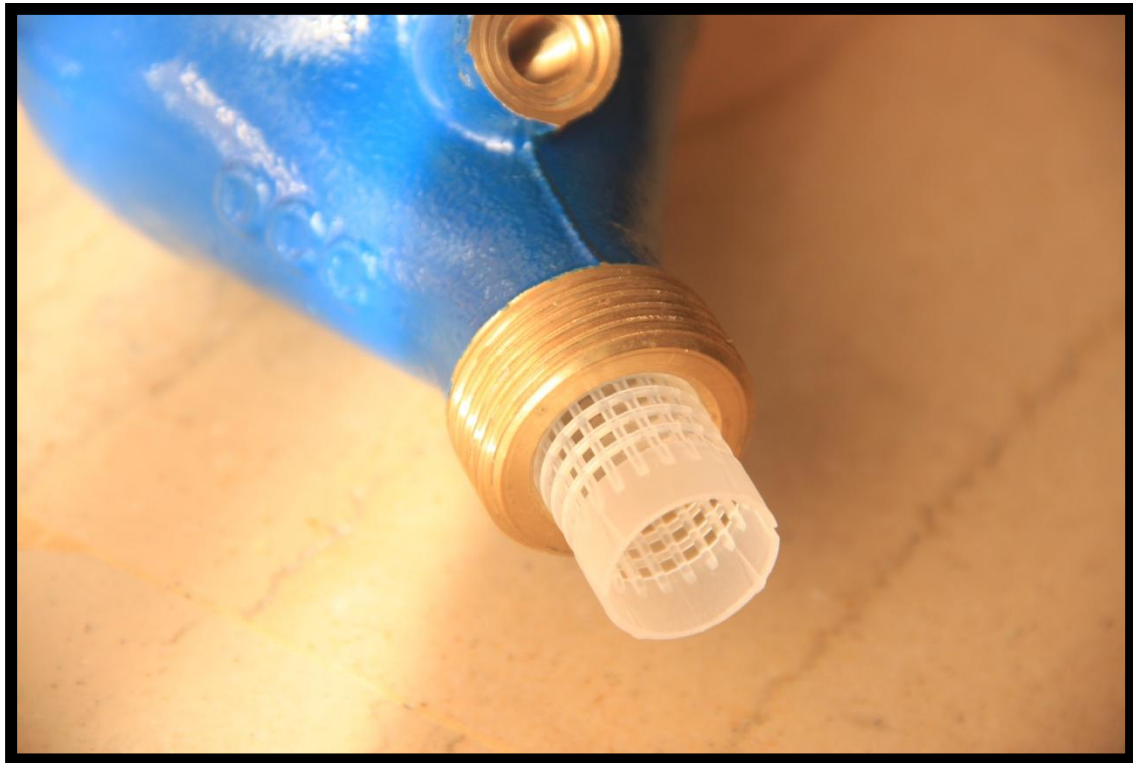
Εξοπλισμός : χειρωνακτικά
Παραγωγικότητα : 1100 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων : 1

Και οι δύο διαδικασίες πραγματοποιούνται από τον ίδιο εργαζόμενο.



Εικόνα 3.28

Η τοποθέτηση του φίλτρου στο στόμιο εισόδου του νερού γίνεται για προληπτικούς λόγους έτσι ώστε να συγκρατήσει τυχόν ξένα σώματα που μπορούν να προκαλέσουν βλάβη του μηχανισμού.



Εικόνα 3.29 : Το φίλτρο στο στόμιο εισόδου

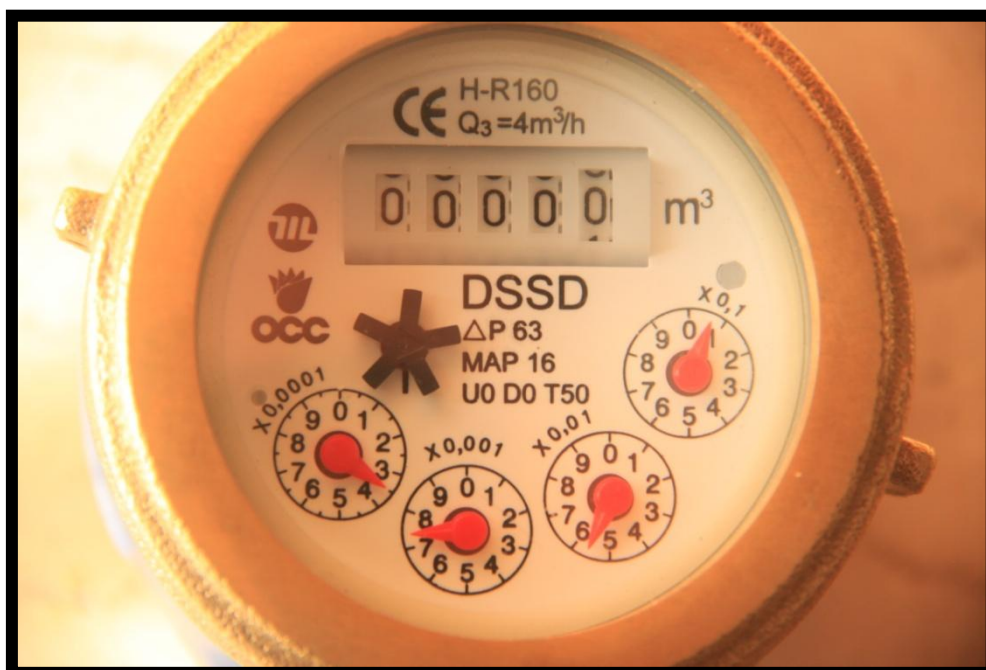
20.4 Τοποθέτηση άνω στεγανωτικού δακτυλίου



Εικόνα 3.30 : Τοποθέτηση άνω στεγανωτικού δακτυλίου (διαφανής)

20.5 Τοποθέτηση καπακιού

Εξοπλισμός : χειρωνακτικά
Παραγωγικότητα : 1100 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων :1



Εικόνα 3.31

Εδώ πρέπει να προσθέσω πως η απουσία οποιουδήποτε στεγανωτικού δακτυλίου προκαλεί διαρροή του νερού ή καθιστά τον υδρομετρητή αναξιόπιστο κατά την βαθμονόμηση λόγω του ότι δεν γίνεται να είναι εντός των ορίων.

21. Δέσιμο καπακιού

Εξοπλισμός : πνευματικά περιστρεφόμενος άξονας
Παραγωγικότητα : 1200 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων :1

Στη συνέχεια το καπάκι δένεται με συγκεκριμένη στρεπτική ροπή που εξαρτάται από το είδος του υδρομετρητή και προτείνεται από τον κατασκευαστικό οίκο του μηχανισμού.

22.1 Βαθμονόμηση

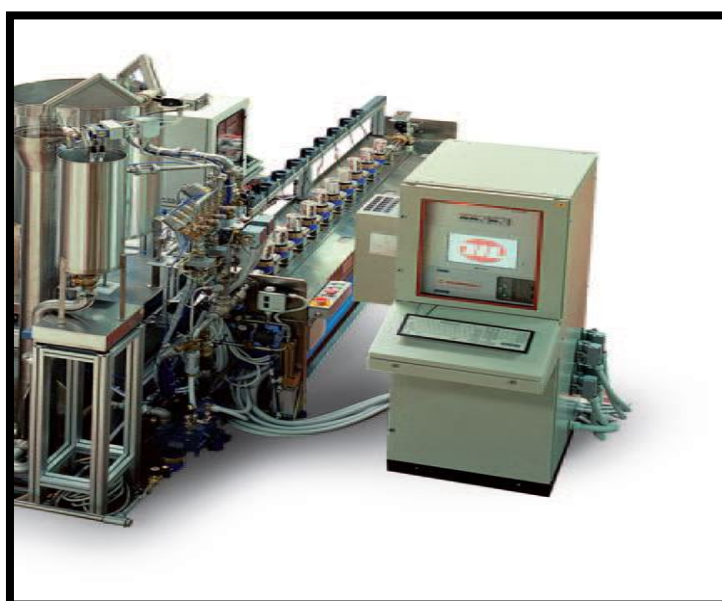
Εξοπλισμός : πάγκος ελέγχου
Παραγωγικότητα : 750 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων : 2-3

Η βαθμονόμηση είναι η τελευταία διαδικασία ελέγχου που πραγματοποιείται για να ελεγχθεί αν ο υδρομετρητής καταγράφει εντός των ορίων του επιτρεπτού σφάλματος. Η διαδικασία λαμβάνει χώρα στον «πάγκο ελέγχου» ή test bench. Σε αυτόν τοποθετούνται 10 μετρητές ή λιγότεροι (ανάλογα του μεγέθους τους). Τα κύρια εξαρτήματα από τα οποία αποτελείται είναι:

- 2 ζυγαριές μεγάλης ακρίβειας χωρητικότητας 100 lt και 20 lt
- 10 laser pointers
- 2 αντλίες
- Υπολογιστής
- Δεξαμενή χωρητικότητας 3000 lt

Η διαδικασία είναι η ακόλουθη:

Τοποθετούνται οι υδρομετρητές στη σειρά όπου συνδέονται μεταξύ τους. Όταν τοποθετηθούν τότε κλειδώνει η ράμπα και πλέον είναι ένα κλειστό κύκλωμα. Στη συνέχεια με τη βοήθεια μιας αντλίας αφαιρείται ο αέρας που βρίσκεται στο εσωτερικό των υδρομετρητών. Στη συνέχεια τοποθετείται πάνω από κάθε υδρομετρητή ένα laser pointer με τη δέσμη του laser να στοχεύει την άκρη της πτερωτής στο καντράν.



Εικόνα 3.32



Εικόνα 3.33



Εικόνα 3.34



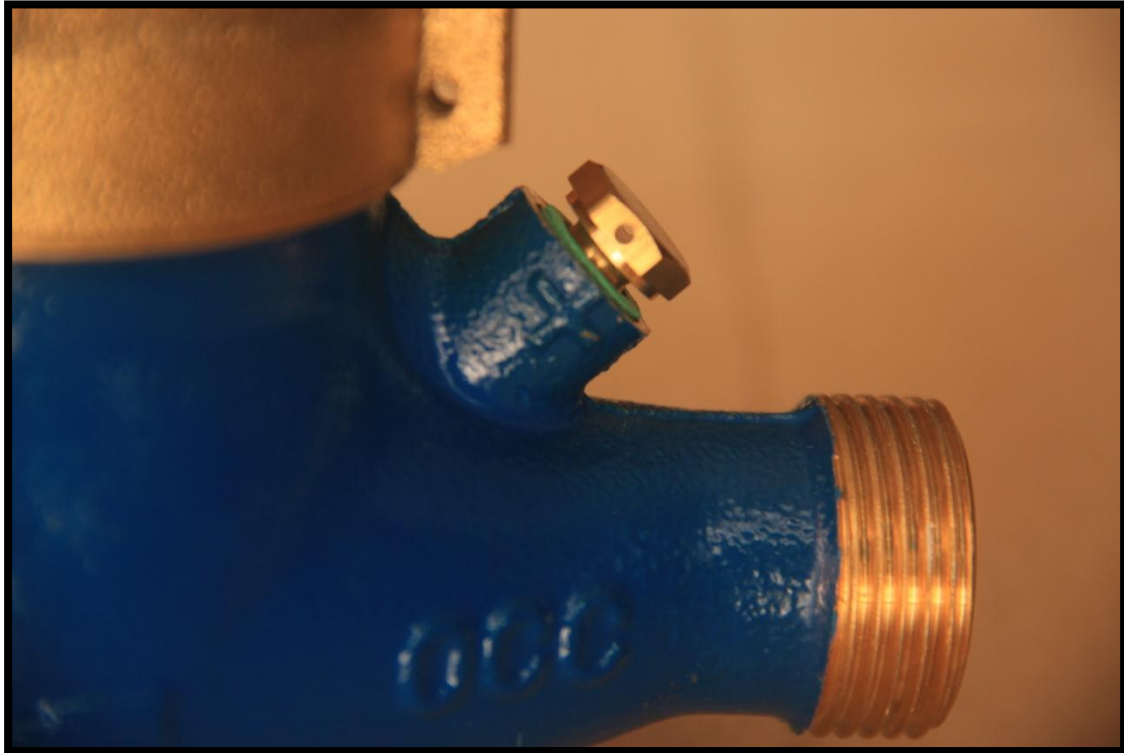
Εικόνα 3.35

Γνωρίζοντας μια πλήρη περιστροφή της περωτής σε τι ποσότητα νερού αντιστοιχεί, με τη δέσμη laser να καταγράφει τις περιστροφές και έχοντας τις ζυγαριές ακριβείας να συλλέγουν το νερό που διέρχεται των υδρομετρητών, γίνεται σύγκριση μεταξύ laser και ζυγαριάς και εμφανίζεται η ποσοστιαία απόκλιση του κάθε υδρομετρητή. Στη συνέχεια ανάλογα με το αν είναι θετική ή αρνητική η απόκλιση, περιστρέφεται ο εσωτερικός κοχλίας του by pass με στόχο η απόκλιση να είναι κοντά στο μηδέν.

Ο έλεγχος για κάθε υδρομετρητή πραγματοποιείται σε τρεις διαφορετικές παροχές (Q_{min} , Q_t και Q_{max}) με σταθερή πάντα τη θερμοκρασία, την πίεση εισόδου του νερού και την παροχή για κάθε μια από τις τρεις παροχές.

22.2 Τοποθέτηση βίδας by pass

Όταν ο εσωτερικός κοχλίας ρυθμιστεί τότε τοποθετείται άλλος κοχλίας από πάνω έτσι ώστε να αποτρέψει οποιαδήποτε διαρροή αλλά επίσης και να εμποδίσει όποιον θα ήθελε να απορυθμίσει τον εσωτερικό κοχλία και άρα να αλλάξει την ποσότητα καταγραφής του υδρόμετρου.

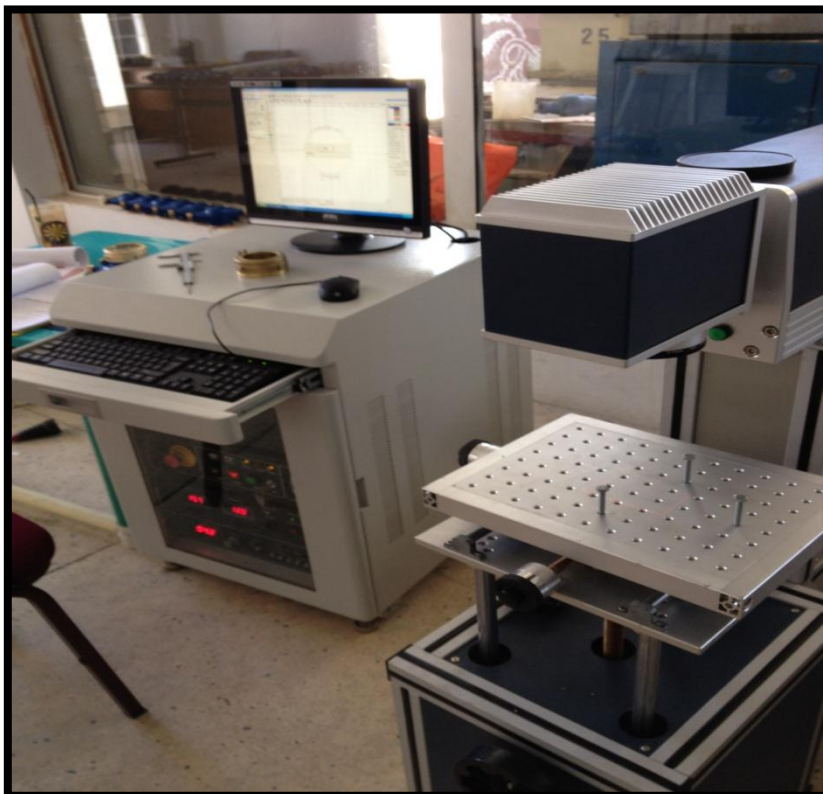


Εικόνα 3.36

23. Γραφή σειριακού αριθμού

Εξοπλισμός : Laser χαρακτήρας
Παραγωγικότητα : 1050 τεμάχια
Αριθμός εργαζομένων : 1

Ο σειριακός αριθμός τυπώνεται επάνω στον υδρομετρητή με τεχνολογία laser. Αυτό υπερτερεί ως προς τις κλασικές μεθόδους χάραξης ως προς την ταχύτητα, το κόστος αλλά και την ακρίβεια.



Εικόνα 3.37 : Μηχανή γραφής σειριακού αριθμού (laser)



Εικόνα 3.38

24. Τοποθέτηση πλαστικού καπακιού

Εξοπλισμός : χειρωνακτικά

Παραγωγικότητα : 1200

Αριθμός εργαζομένων : 1

Τοποθετείται το πλαστικό καπάκι που προστατεύει το καντράν του υδρομετρητή.

25. Τοποθέτηση προστατευτικών σπειρωμάτων

Εξοπλισμός : χειρωνακτικά

Παραγωγικότητα : 1200

Αριθμός εργαζομένων : 1



Εικόνα 3.39

Σε αυτό το στάδιο τοποθετούνται προστατευτικά στα σπειρώματα των στομιών. Αυτό γίνεται για να διασφαλιστεί ότι τα σπειρώματα θα μείνουν προστατευμένα από κάποιο χτύπημα ή πτώση που πιθανόν να προκαλέσει αλλοίωση του σπειρώματος που θα καθιστούσε τον υδρομετρητή άχρηστο αφού δεν θα είναι δυνατόν να συνδεθεί με την σωλήνωση.

26. Συσκευασία

Εξοπλισμός : χειρωνακτικά

Παραγωγικότητα : 1200

Αριθμός εργαζομένων : 4

Τέλος ο κάθε υδρομετρητής τοποθετείται σε ξεχωριστό κουτί με ένα ζευγάρι ρακόρ. Πάνω σε αυτό τοποθετείται αυτοκόλλητο που αναγράφει τον σειριακό αριθμό. Κάθε 12 τεμάχια τοποθετούνται σε μεγαλύτερο κουτί και στη συνέχεια τα μεγαλύτερα κουτιά τοποθετούνται πάνω σε παλέτες. Κάθε παλέτα έχει 6 σειρές και κάθε σειρά 8 κουτιά. Συνολικά κάθε παλέτα έχει 576 τεμάχια.



Εικόνα 3.40

3.3 Προβλήματα - αστοχίες κατά την παραγωγή

Παρακάτω θα αναλύσουμε βήμα-βήμα τα προβλήματα που παρουσιάζονται ή που μπορούν να παρουσιαστούν σε κάθε μία από τις διαδικασίες παραγωγής.

Δημιουργία μείγματος πυρήνα: Σε αυτή τη διαδικασία πρέπει ο χειριστής να δώσει μεγάλη προσοχή στις αναλογίες άμμου-ρητίνης. Αν δεν είναι σωστή η αναλογία αλλάζουν οι ιδιότητες του πυρήνα με αποτέλεσμα :

α) να είναι υπερβολικά εύθραυστος

β) υπερβολικά συμπαγής

Και στις δυο περιπτώσεις δεν ενδείκνυται για χύτευση.

Δημιουργία πυρήνα: Θα πρέπει ο χειριστής να έχει πάντα ρυθμισμένη σωστά τη θερμοκρασία σε κάθε πλευρά του καλουπιού ώστε όταν ανοίγει το καλούπι, μετά την έγχυση της άμμου, ο πυρήνας να παραμένει ακέραιος.

Επίσης θα πρέπει να γίνεται σωστός καθαρισμός του καλουπιού μετά από κάθε παραγωγή πυρήνα ώστε να είμαστε σίγουροι ότι ο επόμενος πυρήνας θα παραχθεί χωρίς εσοχές που με τη σειρά τους θα «γεμίσουν» με ορείχαλκο κατά τη διάρκεια της χύτευσης οι οποίες μπορεί να καταστήσουν το προϊόν ελαττωματικό.

Τήξη ορείχαλκου: Η τήξη του ορείχαλκου θα πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία η οποία θα πρέπει να παραμένει αμετάβλητη για να διατηρείται η ίδια ρευστότητα που με τη σειρά της θα εξασφαλίζει ομαλή χύτευση.

Χύτευση: Η χύτευση πρέπει να γίνεται ομαλά και συνεχόμενα. Σε περίπτωση μη ομαλής έγχυσης τότε υπάρχει διακοπή της συνοχής και πιθανός εγκλωβισμός αέρα μέσα στο προϊόν.

Κατά την ψύξη των καλουπιών θα πρέπει να υπάρχει γραφίτης μέσα στον κάδο ψύξης ώστε την ώρα της ψύξης να γίνεται και επικάλυψη των καλουπιών με γραφίτη έτσι ώστε να δημιουργείται ένα προστατευτικό κάλυμμα στο καλούπι που θα επιτρέπει την εύκολη εξαγωγή του προϊόντος μετά το τέλος της έγχυσης ώστε να μην δημιουργούνται ρωγμές.

Έλεγχος στεγανότητας: Κατά τον έλεγχο στεγανότητας το κάθε κέλυφος βυθίζεται σε κάδο με νερό στεγανοποιημένο εφαρμόζοντας στο εσωτερικό του πίεση αέρα 5 bar, έτσι ώστε να εντοπιστεί οποιαδήποτε οπή.

Ηλεκτροστατική βαφή: Θα πρέπει η βαφή να γίνεται ομοιόμορφα σε όλο το σώμα εξωτερικά και εσωτερικά. Η βαφή εσωτερικά λειαίνει τα τοιχώματα του υδρομετρητή και τον καθιστά σταθερότερο κατά τη βαθμονόμηση του.

Τόρνευση, φρεζάρισμα, σπειρώματα: Σε αυτές τις διαδικασίες τα προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν είναι :

Ελαττωματικό σπείρωμα που έχει ως αποτέλεσμα η συναρμογή με τα άλλα εξαρτήματα (ρακόρ-καπάκι) να είναι αδύνατη ή να πραγματοποιείται με πολλή μεγάλη δυσκολία.

Η διάσταση βάσης-χειλούς να είναι εκτός προδιαγραφών και αυτό θα έχει ως συνέπεια ο μετρητής κατά τη βαθμονόμηση να είναι εκτός επιτρεπτών ορίων.

Κατά την τόννευση μπορεί να έρθει στην επιφάνεια κάποιος θύλακας αέρα που εγκλωβίστηκε κατά τη χύτευση κάτι που μπορεί να απειλήσει τη στεγανότητα του υδρομετρητή.

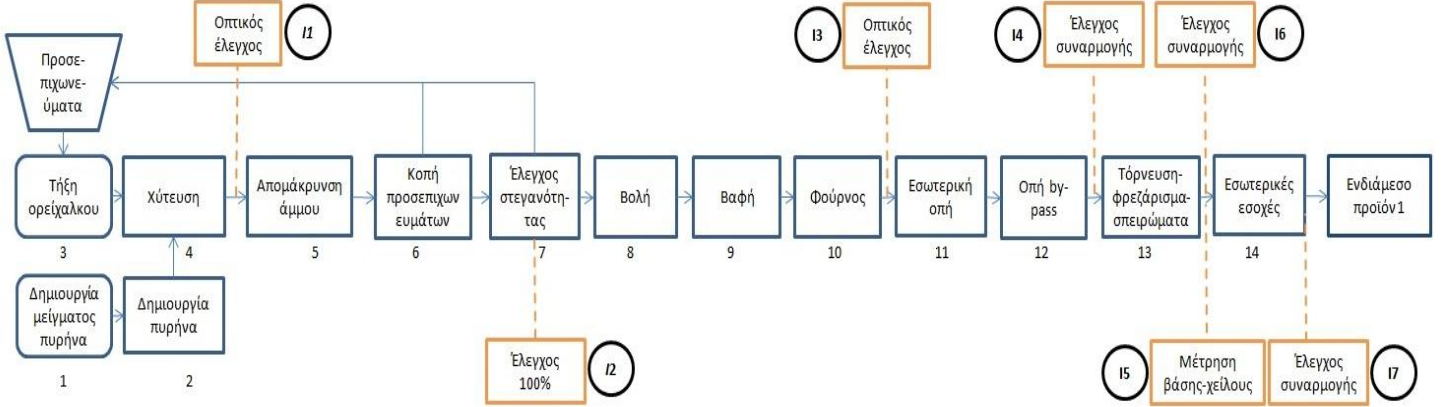


Εικόνα 3.41: Υδρομετρητής με αστοχίες

Τα παραπάνω προβλήματα ισχύουν και για την παραγωγή του καπακιού.

Έλλειψη στεγανωτικών δακτυλίων : Αν κατά τη συναρμολόγηση ο εργαζόμενος παραλείψει να τοποθετήσει έστω και έναν από τους στεγανωτικούς δακτυλίους τότε θα υπάρξει διαρροή και αυτό ανακαλύπτεται κατά τη διάρκεια της βαθμονόμησης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να διακοπεί η διαδικασία για να αφαιρεθεί ο συγκεκριμένος υδρομετρητής να αποσυναρμολογηθεί, να τοποθετηθεί ο δακτύλιος που λείπει και στη συνέχεια να ξαναεπιστρέψει. Η διαδικασία αυτή είναι χρονοβόρα και απασχολεί πόρους. Εάν συμβεί 5-6 φορές κατά τη διάρκεια της βάρδιας η παραγωγικότητα μειώνεται αισθητά.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΗ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΚΑΠΑΚΙΟΥ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΡΟΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΥΔΡΟΜΕΤΡΗΤΩΝ



Ενδιάμεσο προϊόν 1

3.4 Έλεγχοι

Σε αυτό το σημείο θα περιγράψουμε τους ελέγχους που πραγματοποιούνται στην παραγωγή.

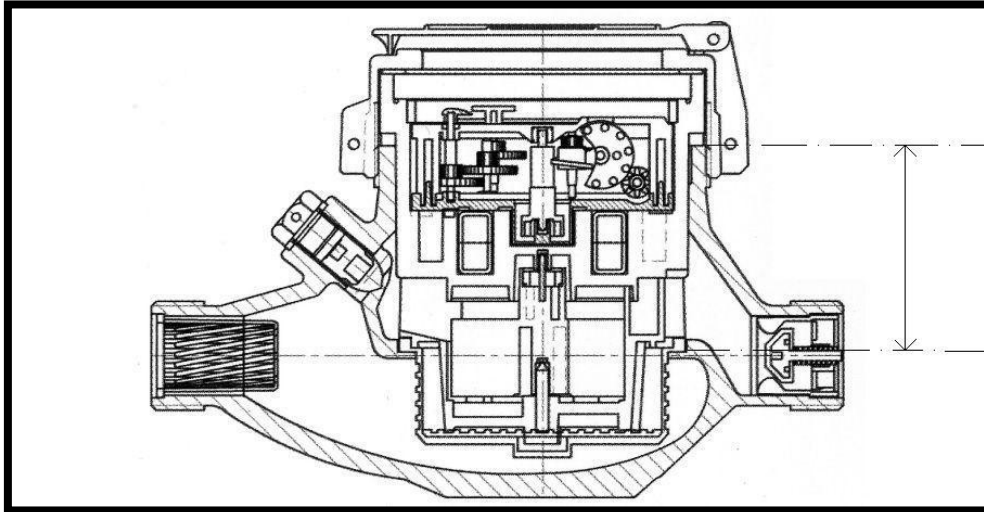
Έλεγχος I1: Πραγματοποιείται από τον εργαζόμενο μετά τη διαδικασία της χύτευσης για να διαπιστωθεί αν υπάρχει κάποιο εμφανές ελάττωμα ώστε να απομακρυνθεί άμεσα και να μην συνεχίσει στα επόμενα στάδια. Σύντομος έλεγχος που εντοπίζει μόνο πολύ εμφανή ελαττώματα.

Έλεγχος I2: Είναι έλεγχος στεγανότητας. Το προϊόν βυθίζεται σε νερό αφού στεγανοποιείται και από τις 3 πλευρές και εφαρμόζεται πίεση αέρα 5 bar εσωτερικά. Η ύπαρξη φυσαλίδων μας γνωστοποιεί την ύπαρξη ρωγμής η οποία είναι πολύ δύσκολο να εντοπιστεί με οπτικό έλεγχο. Έλεγχος 100 %. Γίνεται από εργαζόμενο πεπειραμένο λόγω του ότι πολλές φορές το μη έμπειρο μάτι ίσως δεν εντοπίζει τις φυσαλίδες. Ο σημαντικότερος έλεγχος σε όλη την παραγωγική διαδικασία. Πραγματοποιείται αμέσως μετά την κοπή των προσεπιχωνευμάτων αφού νωρίτερα είναι τεχνικά αδύνατο να γίνει.

Έλεγχος I3: Οπτικός έλεγχος μετά τη βαφή. Πολλές φορές η βαφή δεν εισέρχεται στο εσωτερικό με αποτέλεσμα να μένει άβαφο. Η βαφή είναι σημαντική στο εσωτερικό γιατί μειώνει την τραχύτητα των τοιχωμάτων και έτσι αποφεύγεται η τυρβώδη ροή με αποτέλεσμα να είναι σταθερότερος ο υδρομετρητής στην καταγραφή της κατανάλωσης.

Έλεγχος I4: Έλεγχος συναρμογής. Πραγματοποιείται μετά τη διαδικασία διάνοιξης της σπής του by pass. Πραγματοποιείται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Τοποθετείται πλαστικός κοχλίας όπως επίσης και βίδα και γίνεται σύσφιξη για να διαπιστωθεί αν το σπείρωμα είναι καλό. Κατά την κατεργασία υπάρχει περίπτωση να αστοχήσει το υλικό του κοπτικού εργαλείου, ή να χρειάζεται αντικατάσταση αλλά αυτό μπορεί να διαπιστωθεί μόνο μέσω της συναρμογής.

Έλεγχος I5: Μέτρηση βάσης χείλους. Σε αυτόν τον έλεγχο μετράται η διάσταση βάσης- χείλους.



Εικόνα 3.42: Σχέδιο υδρομετρητή με επισημασμένη τη διάσταση βάσης - χείλους

Ίσως το σημαντικότερο χαρακτηριστικό του υδρομετρητή με πολύ μικρή ανοχή ($\pm 0,2$ mm). Η μέτρηση γίνεται ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Αν και γίνεται τακτική μέτρηση έχει παρατηρηθεί ότι υπήρξαν τεμάχια που έφθασαν στην συναρμολόγηση και κατά την βαθμονόμηση παρατηρήθηκε ότι δεν κατάφεραν να συμμορφωθούν διότι ήταν εκτός ορίων η διάσταση βάσης-χείλους.

Έλεγχος 16: Έλεγχος συναρμογής. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα συναρμολογείται σώμα από την παραγωγή με καπάκι και ρακόρ για να διαπιστωθεί αν η συναρμογή γίνεται ομαλά.

Έλεγχος 17: Έλεγχος συναρμογής. 100% έλεγχος. Διαπιστώνεται αν ο μηχανισμός μπορεί να εισέλθει και να εφαρμόσει στο σώμα.

Έλεγχος 18: Οπτικός έλεγχος. Ελέγχεται αν έχει γίνει η διάτρηση στο σωστό ύψος και σε όλες τις πλευρές.

Έλεγχος 19: Έλεγχος συναρμογής, ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Όπως και στον έλεγχο 16 έτσι κι εδώ ελέγχεται η δυνατότητα συναρμογής του σώματος με το καπάκι, με τη διαφορά ότι το εξεταζόμενο αντικείμενο εδώ είναι το καπάκι.

Έλεγχος 110: Οπτικός έλεγχος για το αν έγινε σωστά η λείανση του δακτυλίου.

4.Λειτουργία υδρομετρητών

4.1 Είδη Υδρομετρητών

Υπολογίζεται διεθνώς ότι η ζήτηση νερού αυξάνεται τρεις φορές πιο γρήγορα απ' ό τι ο παγκόσμιος πληθυσμός, σε αντίθεση με την συνολική ποσότητά του που παραμένει περίπου σταθερή. Οι αυξανόμενες ανάγκες σε νερό στις αστικές περιοχές, απόρροια των έντονων ρυθμών αστικοποίησης, αλλά και του μοντέρνου τρόπου ζωής, η εξάντληση και μόλυνση των υπαρχόντων υδατικών πόρων, καθώς και η αύξηση της συχνότητας εμφάνισης περιόδων ξηρασίας λόγω της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής είναι ορισμένες μόνο από τις σημαντικότερες παραμέτρους που πρέπει να λάβει υπόψη μια Εταιρεία Ύδρευσης, ώστε να εξασφαλίσει την αποτελεσματικότητά της.

Για να είναι βιώσιμη και αποτελεσματική η λειτουργία μιας Εταιρείας Ύδρευσης απαιτείται να υπάρχει σαφής και ακριβής εικόνα της ποσότητας του νερού που εισάγεται στο δίκτυό της, καθώς και της ποσότητας που καταναλώνεται από τους χρήστες, αλλά και της κατανομής των ποσοτήτων αυτών στις διάφορες χρήσεις τις οποίες τροφοδοτεί η εταιρεία (βιομηχανική, αστική, εμπορική). Προκύπτει, λοιπόν, η ανάγκη εξασφάλισης μετρήσεων με την χρήση αξιόπιστων μετρητικών οργάνων - υδρομετρητών που ικανοποιούν τις προδιαγραφές. Η χρήση μετρητικών οργάνων με μικρή ακρίβεια οδηγεί σε κατανάλωση αλλά μη καταγραφή άγνωστων ποσοτήτων νερού, γεγονός που, εκτός από τις οικονομικές απώλειες που συνεπάγεται, δυσχεραίνει τον έλεγχο και την ορθή διαχείριση των υδατικών πόρων από την Εταιρεία.

Ως υδρόμετρο ή υδρομετρητής ονομάζεται το όργανο ή συσκευή που χρησιμοποιείται για την μέτρηση του όγκου νερού που καταναλώνεται. Σύμφωνα με την οδηγία 2004/22/EK του ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου για τα όργανα μέτρησης, ως υδρόμετρο ή υδρομετρητής ορίζεται “το όργανο το σχεδιασμένο για τη μέτρηση, αποθήκευση σε μνήμη και απεικόνιση όγκου νερού που διέρχεται από το μορφοτροπέα μετρήσεων στις συνθήκες της μέτρησης”.

Στις ανεπτυγμένες χώρες, τοποθετούνται σε κάθε κατοικημένο και εμπορικό κτίριο στο δημόσιο σύστημα παροχής νερού. Αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες για την λειτουργία μιας Εταιρείας Ύδρευσης, αφού μέσω αυτών εξασφαλίζονται τα αναγκαία έσοδά της, επιτυγχάνεται δίκαιη χρέωση των χρηστών, καθώς και η μείωση της ποσότητας των λυμάτων, ενώ αποτρέπεται η κατασπατάληση του νερού.

Επιπλέον, ο εντοπισμός και περιορισμός των διαρροών και οποιουδήποτε άλλου είδους απωλειών, καθώς και της παράνομης κατανάλωσης, που επιτυγχάνεται, είναι ιδιαίτερης σημασίας για την Εταιρεία Ύδρευσης. Παγκοσμίως, η τιμή του νερού αυξάνεται σε μια προσπάθεια απόδοσης μέσω αυτής του πραγματικού κόστους άντλησης, επεξεργασίας και διάθεσης του πόσιμου νερού στους τελικούς χρήστες. Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι τα κόστη αυτά συνεχώς αυξάνονται λόγω της μείωσης των διαθέσιμων υδατικών πόρων και της ανάγκης εξεύρεσης νέων. Έτσι, όσο περισσότερο αυξάνεται η τιμή του νερού, τόσο αυξάνονται και οι οικονομικές απώλειες της Εταιρείας από την μη καταγραφή ποσοτήτων νερού που καταναλώνονται, με δυσμενή αποτελέσματα στα έσοδά της.

Πρώιμες μορφές μέτρησης κατανάλωσης νερού έχουν καταγραφεί στην πόλη της Ρώμης από τον υπεύθυνο ύδρευσής της, Ρωμαίο επίτροπο Σέξτο Ιούλιο Φροντίνο (Sextus Julius Frontinus) στα δύο βιβλία του με τον τίτλο “De Aquis Urbis Romae”, περίπου στα 35 με 104 μ.Χ.. Από τον 18ο αιώνα μ.Χ. και έπειτα τα υδρόμετρα άρχισαν να παίρνουν σταδιακά τη σημερινή τους μορφή.

Με βάση τον τρόπο λειτουργίας τους οι υδρομετρητές μπορούν να καταταγούν σε πέντε γενικές κατηγορίες:

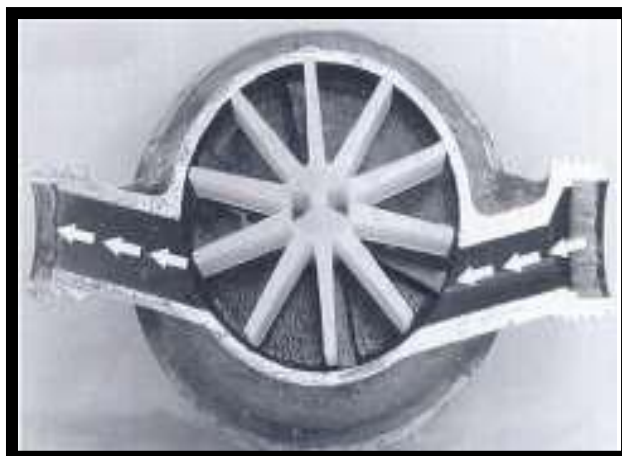
- Υδρομετρητές ταχύτητας (velocity meters) – χρησιμοποιούν την ταχύτητα ροής για την μέτρηση του όγκου. Τέτοιοι είναι οι απλής ριπής (single jet meters), οι πολλαπλής ριπής (multiple jet meters), οι στροβιλομετρικοί (turbine meters), οι ηλεκτρομαγνητικοί (electromagnetic meters), κ.α.
- Υδρομετρητές θετικής μετατόπισης (ογκομετρικοί) (positive displacement meters) – το νερό μηχανικά μετακινεί ή εκτοπίζει το μηχανισμό μέτρησης. Τέτοιοι είναι οι μετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου (oscillating piston meters) και οι μετρητές ταλαντευόμενου δίσκου (nutating disc meters).

- Σύνθετοι υδρομετρητές (compound meters) – συνδυάζουν δύο μετρητές σε έναν για τη μέτρηση μεγάλων και μικρών ροών.
- Αναλογικοί υδρομετρητές (proportional meters) – μετρούν μόνο τμήμα της συνολικής ροής. Οι μετρήσεις του συνολικού όγκου βασίζονται στο εν λόγω δείγμα. Τέτοιοι είναι οι μετρητές πυρκαγιάς (fire – line meters) (AWWA M36, 1999).
- Υδρομετρητές ανοιχτού καναλιού (open-channel meters) – τοποθετούνται για παράδειγμα σε ρέματα για να περιορίσουν ή να παρεμποδίσουν τη ροή με στόχο τη μέτρησή της.

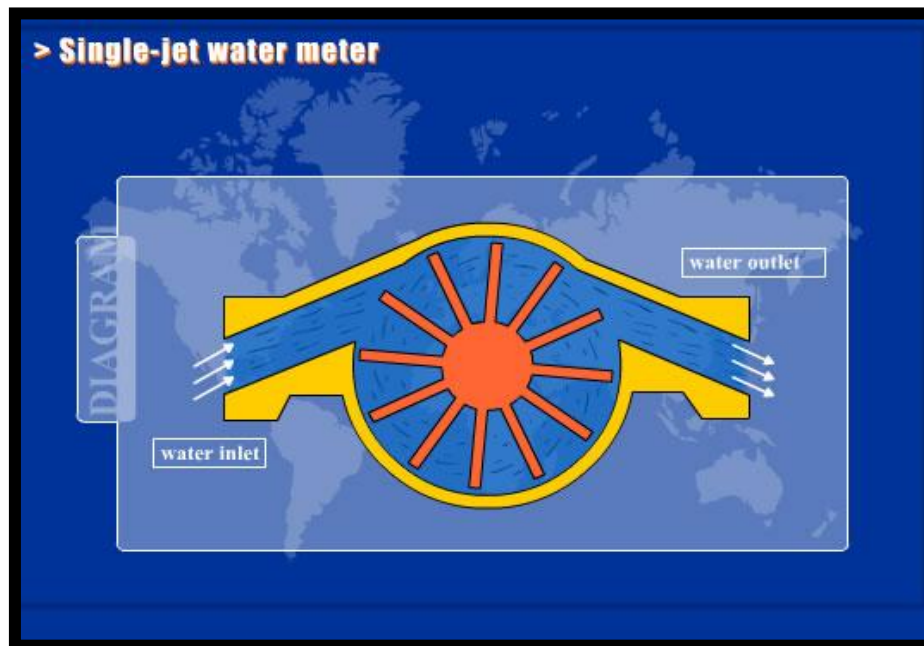
4.1.1 Υδρομετρητές απλής ριπής

Όπως προαναφέρθηκε οι υδρομετρητές απλής ριπής ανήκουν στην κατηγορία των ταχυμετρικών υδρομετρητών. Είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι σε διάφορες χώρες παγκοσμίως για την μέτρηση των οικιακών καταναλώσεων λόγω κυρίως του μικρού τους κόστους και μεγέθους.

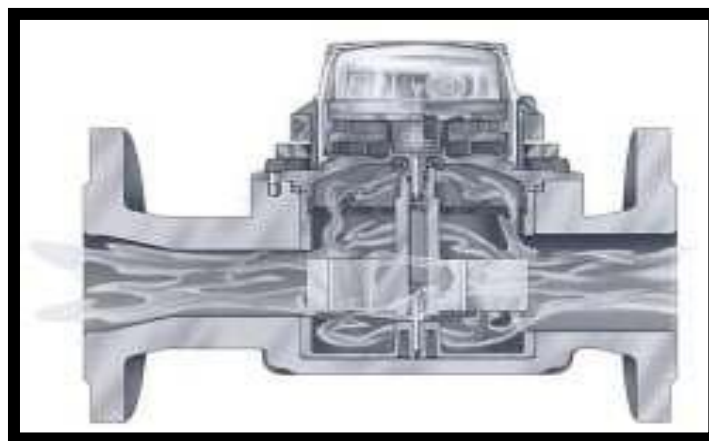
Στους μετρητές αυτούς το νερό με την ταχύτητά του προσκρούει στο στροφέιο που βρίσκεται στο εσωτερικό τους και το περιστρέφει (Εικόνες 1 & 2). Η ταχύτητα περιστροφής του στροφείου είναι ανάλογη με την ταχύτητα κρούσης του νερού. Έτσι, ο μετρητής μετρά την ταχύτητα ροής του νερού και από αυτήν προκύπτει η παροχή λόγω της σταθερής διατομής του.



Εικόνα 4.1 : Υδρομετρητής απλής ριπής



Εικόνα 4.2 : Αρχή λειτουργίας υδρομετρητή απλής ριπής.



Εικόνα 4.3: Τομή υδρομετρητή απλής ριπής

Αναλυτικότερα, οι υδρομετρητές απλής ριπής αποτελούνται από ένα στροφέιο που βρίσκεται στο εσωτερικό του θαλάμου τους (housing) το οποίο είναι συνήθως κατασκευασμένο από χαλκό ή ορείχαλκο. Οι διαστάσεις του εσωτερικού είναι καθοριστικές για την ακρίβεια της συσκευής. Οι τιμές των διαμέτρων που συναντώνται συνήθως κυμαίνονται από 7 έως 20 mm, επιτυγχάνοντας την καλύτερη σχέση κόστους κατασκευής και ακρίβειας μετρήσεων. Ανάλογα με την ακρίβειά τους οι μετρητές κατατάσσονται σε κλάσεις – π.χ. Κλάση A, B, C, D, με την κλάση A να έχει την μικρότερη ακρίβεια και την D την μεγαλύτερη.

Ο άξονας περιστροφής του στροφείου συναντάται είτε στο εσωτερικό του θαλάμου του μετρητή είτε στο κάλυμμα του θαλάμου. Το στροφέιο, βέβαια,

είναι σε κάθε περίπτωση το στοιχείο που μετατρέπει την γραμμική ταχύτητα της ροής σε κυκλική κίνηση. Συνήθως, κατασκευάζεται από πλαστικό πυκνότητας χαμηλότερης από το νερό, έτσι ώστε να επιπλέει και να έχει μόνο ένα σημείο επαφής με τον άξονα περιστροφής. Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται μείωση των απωλειών λόγω τριβής.

Σε πολλούς υδρομετρητές η μετάδοση της κίνησης μεταξύ του στροφείου (impeller) και του αθροιστή – ρολογιού (totalizer) γίνεται με καθαρά μηχανικό τρόπο. Σε πιο σύγχρονους υδρομετρητές γίνεται με χρήση ενός ζεύγους μαγνητών (ο ένας τοποθετημένος στο στροφείο και ο άλλος στο “ρολόι” - αθροιστή) με στόχο την μετάδοση της κίνησης χωρίς φυσική επαφή και επομένως με μεγαλύτερη μείωση των τριβών. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται και μαγνητική θωράκιση (magnetic seal) για την αποφυγή επηρεασμού τους από εξωτερικά μαγνητικά πεδία και ενδεχόμενη αλλοίωση των μετρήσεων.

Οι υδρομετρητές απλής ριπής, στην πλειοψηφία τους, είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε οριζόντια θέση, έτσι ώστε ο άξονάς τους να είναι σε ορθή γωνία. Αυτή είναι η μοναδική θέση στην οποία το στροφείο έχει μόνο ένα σημείο επαφής με τον άξονα περιστροφής ελαχιστοποιώντας με αυτόν τον τρόπο την τριβή, ενώ ταυτόχρονα το σφάλμα μέτρησης χαμηλής παροχής παραμένει αμετάβλητο.

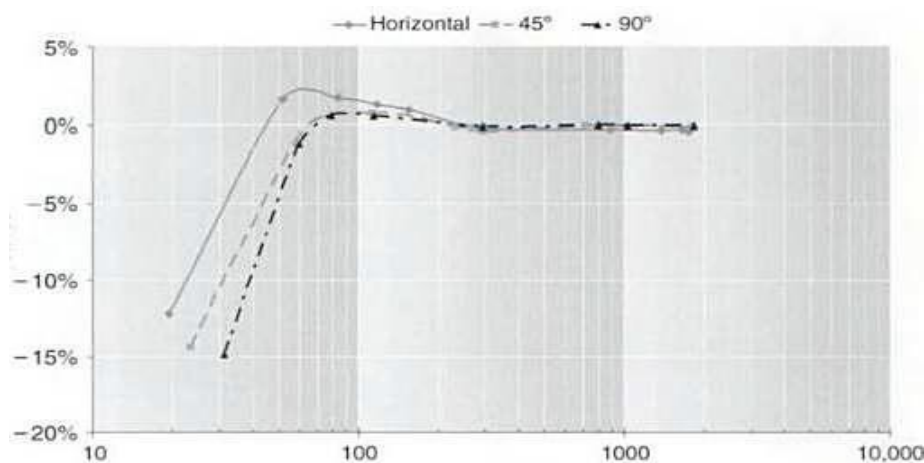
Αντίθετα, όταν ο υδρομετρητής τοποθετείται υπό γωνία, το στροφείο εφάπτεται σε διαφορετικά σημεία από αυτά που προβλέπονται κατασκευαστικά, με αποτέλεσμα την αύξηση των τριβών. Έτσι, για δεδομένη παροχή το στροφείο περιστρέφεται με μικρότερη ταχύτητα λόγω της αυξημένης ροπής τριβής, με αποτέλεσμα ο όγκος νερού που καταγράφεται τελικώς να είναι μικρότερος από αυτόν που διέρχεται στην πραγματικότητα. Αυτό το φαινόμενο είναι έντονο στις χαμηλές παροχές, όπου η ενέργεια που μεταφέρεται από το νερό στο στροφείο είναι μικρή και οποιαδήποτε μεταβολή, έστω και μικρή, των δυνάμεων ισορροπίας επηρεάζει την ταχύτητα περιστροφής του. Επιπλέον, λόγω των αυξημένων τριβών, η λανθασμένη τοποθέτηση συνεπάγεται έντονη φθορά των σημείων του στροφείου που έρχονται σε επαφή με τον άξονα περιστροφής, προκαλώντας επιπρόσθετα σφάλματα μέτρησης.

Η χειρότερη περίπτωση συναντάται, όταν ο υδρομετρητής τοποθετηθεί κατακόρυφα. Τότε παύει να υπάρχει σημείο επαφής, αλλά υφίσταται πλέον επιφάνεια επαφής, με αποτέλεσμα αξιοσημείωτη αύξηση των τριβών και των

σφαλμάτων χαμηλής παροχής. Χαρακτηριστικά, η μείωση στην ακρίβεια της μέτρησης σε αυτήν την περίπτωση είναι τόση, ώστε ένας υδρομετρητής κλάσης B μετατρέπεται σε κλάσης A.

Παρατηρώντας το διάγραμμα 1, όπου παρουσιάζονται οι καμπύλες σφάλματος ενός υδρομετρητή κλάσης B και ονομαστικής παροχής 1,5 m³/h, μπορεί εύκολα να διαπιστωθεί η σημασία της ορθής τοποθέτησης του οργάνου. Οι καμπύλες σφάλματος αφορούν τοποθέτηση σε οριζόντιο προσανατολισμό και σε κεκλιμένο σε 45ο και 90ο. Για χαμηλές παροχές, για παράδειγμα 60 ή 30 l/h η κλίση με την οποία τοποθετείται ο υδρομετρητής επηρεάζει σημαντικά το σφάλμα μέτρησης, ενώ το αντίθετο συμβαίνει για τις παροχές πάνω από 100 l/h, όπου παραμένει ανεπηρέαστο.

Επιπλέον, εκτός από το σφάλμα μέτρησης που επηρεάζεται λόγω της λανθασμένης τοποθέτησης, αυξάνεται και η τιμή της παροχής εκκίνησης περιστροφής του στροφείου (ροή υπερνίκησης της αδράνειας). Αν η τιμή της παροχής αυτής είναι μεγάλη, τότε μειώνονται σημαντικά οι πιθανότητες εντοπισμού διαρροών. Πιο συγκεκριμένα, από διάφορες δοκιμές που έγιναν σε υδρομετρητές κλάσης B (6 – 9 χρόνων), διαπιστώθηκε μια αύξηση κατά μέσο όρο των 10 l/h στην παροχή εκκίνησης (από 24 σε 34 l/h) για κλίση 45ο.



Διάγραμμα 4.1: Καμπύλη σφάλματος υδρομετρητή απλής ριπής ως συνάρτηση της κλίσης τοποθέτησης του.

Οι υδρομετρητές απλής ριπής, ως ταχυμετρικοί, επηρεάζονται από οποιαδήποτε μεταβολή στο προφίλ της ταχύτητας ροής. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η ύπαρξη κοντά στο σημείο εισόδου του μετρητή βαλβίδας ή πιθανής αλλαγής κατεύθυνσης του σωλήνα μπορεί να προκαλέσει μεταβολές

στην ακρίβεια μέτρησης. Στην πράξη βέβαια, το σφάλμα μέτρησης δεν επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από το φαινόμενο αυτό, αφού συνήθως το ακροφύσιο εισόδου του μετρητή έχει συγκλίνον σχήμα, ώστε η ροή να επιταχύνεται και να διαμορφώνεται το επιθυμητό προφίλ ταχύτητας πριν φτάσει το νερό στο θάλαμο του μετρητή. Επιπλέον, λόγω της φύσης του, ο ίδιος ο μετρητής προκαλεί αλλοιώσεις στην ροή, με αποτέλεσμα οι επιδράσεις άλλων παραγόντων να ελαχιστοποιούνται. Τέλος, για την εξασφάλιση της ορθής λειτουργίας, συχνά προβλέπεται η τοποθέτηση ανάντη και κατάντη του υδρομετρητή τμήματος ευθείας σωλήνωσης μήκους πολλαπλάσιου της διαμέτρου της. Η ακρίβεια μέτρησης των υδρομετρητών απλής ριπής επηρεάζεται, επίσης, και από την γήρανση του οργάνου. Φθορά λόγω τριβής μπορεί να αλλοιώσει μηχανικά τους τμήματα, ενώ άλατα και συσσωρεύσεις ασβεστίου μπορεί να εμποδίσουν προσωρινά ή μόνιμα την περιστροφή του στροφείου, ιδιαίτερα σε περιοχές με “σκληρό” νερό. Οι επιδράσεις της γίνονται αισθητές κυρίως στις χαμηλές παροχές, όπου οποιαδήποτε αύξηση αντίστασης λόγω μηχανικής φθοράς μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την περιστροφή του στροφείου.

Ένα ακόμη ζήτημα που επηρεάζει τις μετρήσεις και εμφανίζεται κυρίως σε δίκτυα ύδρευσης με προβλήματα πίεσης και με συνεχείς διακοπές είναι αυτό των αντίστροφων ροών. Όταν συμβαίνει το φαινόμενο αυτό, ο όγκος νερού που περνά και καταγράφεται από το μετρητή δε φτάνει στον χρήστη, αλλά αντίθετα επιστρέφει πίσω στο δίκτυο ακολουθώντας την αντίστροφη διαδρομή. Κατά την αντίστροφη ροή, η ταχύτητα ροής είναι μικρότερη, επειδή, συνήθως, το ακροφύσιο εξόδου είναι μεγαλύτερο από αυτό της εισόδου. Έτσι, το στροφείο περιστρέφεται με μικρότερη ταχύτητα, με αποτέλεσμα ο όγκος που αφαιρείται να είναι μικρότερος και επομένως ο χρήστης να χρεώνεται τελικά για όγκο νερού που δε χρησιμοποίησε. Από μετρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, προκύπτει ότι τουλάχιστον ο μισός όγκος από το νερό, που επιστρέφει στο δίκτυο, χρεώνεται τελικά στους καταναλωτές. Για την αντιμετώπιση του φαινομένου αυτού συνήθως τοποθετούνται βαλβίδες αντεπιστροφής.

Γενικά, λοιπόν, οι υδρομετρητές απλής ριπής αποτελούν όργανα που χρησιμοποιούνται για δεκαετίες κι είναι από τις οικονομικότερες λύσεις σε σύγκριση με άλλες αντίστοιχες τεχνολογίες. Συναντώνται σε μεγάλη ποικιλία και διαθεσιμότητα, καλύπτοντας μεγάλο εύρος αναγκών, ενώ το μικρό τους μέγεθος είναι ιδανικό για την τοποθέτησή τους σε στενούς χώρους. Μεγάλη προσοχή θα πρέπει να δίνεται γενικότερα στον τρόπο τοποθέτησής τους, καθώς αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την εξασφάλιση της καλής

λειτουργίας τους. Τοποθέτησή τους με λανθασμένο προσανατολισμό επηρεάζει την ακρίβεια μέτρησής τους, ενώ αυξάνει την φθορά του στροφείου και άλλων μηχανικών τμημάτων τους. Σημαντικό μειονέκτημα των υδρομετρητών απλής ριπής είναι ότι η παροχή εκκίνησής τους (εκκίνηση περιστροφής του στροφείου) δεν είναι αρκετά χαμηλή ώστε να είναι δυνατή η ανίχνευση διαρροών στο δίκτυο του καταναλωτή. Θα πρέπει να τονισθεί, επιπλέον, ότι υπάρχει σημαντική πιθανότητα η τιμή της παροχής εκκίνησης να αυξηθεί δραματικά με το πέρασμα του χρόνου και με την γήρανση του οργάνου.

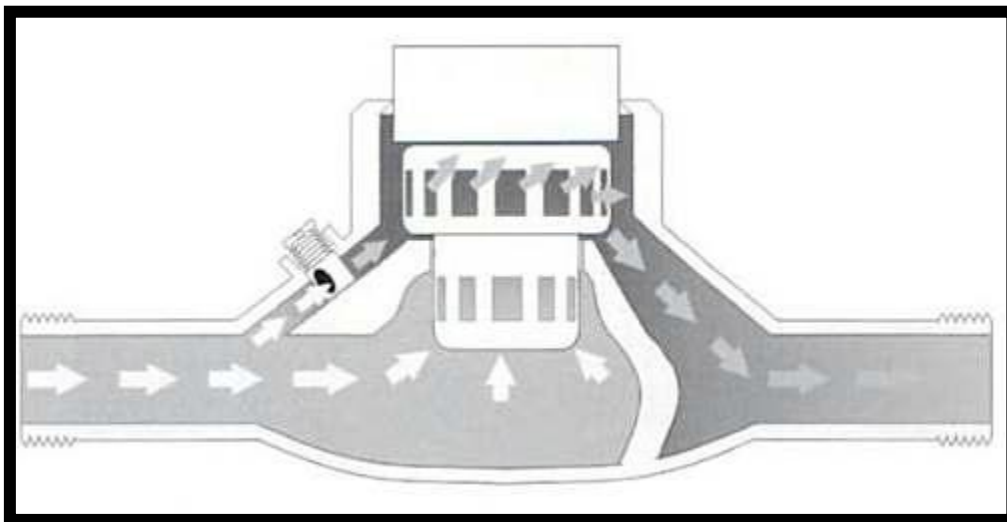
4.1.2 Υδρομετρητές πολλαπλής ριπής (Multiple jet meters)

Όπως και οι απλής ριπής, έτσι και οι υδρομετρητές πολλαπλής ριπής ανήκουν στην κατηγορία των ταχυμετρικών υδρομετρητών. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την αστική χρήση, ενώ μερικές φορές συναντώνται και στα αρδευτικά δίκτυα. Οι τιμές των διαμέτρων τους, συνήθως, καλύπτουν ένα εύρος από 15 mm έως 50 mm. Οι αρχές λειτουργίας των υδρομετρητών πολλαπλής ριπής είναι παρόμοιες με αυτές των μετρητών απλής ριπής. Η κύρια διαφορά τους είναι ότι, σε αντίθεση με τους απλής ριπής, στους πολλαπλής ριπής το νερό προσκρούει σε περισσότερα από ένα σημεία στην περίμετρο του στροφείου. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται μια πιο ισορροπημένη λειτουργία του στροφείου και θεωρητικά μεγαλύτερη αντοχή του μετρητή. Επιπλέον, οι πολλαπλής ριπής θεωρείται ότι έχουν μεγαλύτερη ευαισθησία στις χαμηλές παροχές και χαμηλότερες ελάχιστες παροχές εκκίνησης.

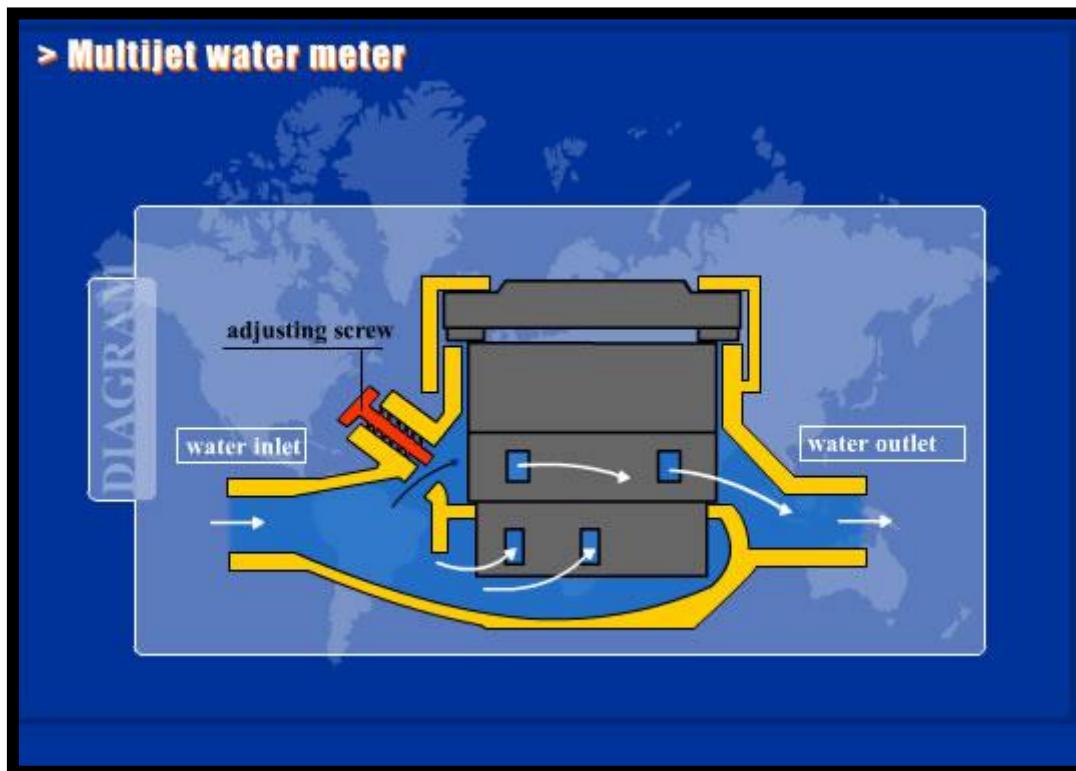
Όπως και στους απλής ριπής, η γωνιακή ταχύτητα του στροφείου εξαρτάται από την ταχύτητα κρούσης του νερού, γεγονός που συνεπάγεται ότι οποιαδήποτε μεταβολή στην ροή ή στο προφίλ της ταχύτητας επηρεάζει την καμπύλη σφάλματος. Στους υδρομετρητές πολλαπλής ριπής, το νερό μπορεί να διέλθει από το μετρητή μέσω δύο οδών: μέσω του θαλάμου του στροφείου και μέσω παράπλευρης διαδρομής, η είσοδος της οποίας ρυθμίζεται από ειδική κοχλία. Η σύνδεση του στροφείου με τον αθροιστή – ρολόι (totalizer) πραγματοποιείται είτε με μηχανικό τρόπο είτε με χρήση ζεύγους μαγνητών, όπως ακριβώς ισχύει και στην περίπτωση των υδρομετρητών απλής ριπής.



Εικόνα 4.1: Μέρη υδρομετρητή πολλαπλής ριπής



Εικόνα 4.2 : Τρόπος λειτουργίας υδρομετρητή πολλαπλής ριπής



Εικόνα 4.3 : Ροή στο εσωτερικό υδρομετρητή πολλαπλής ριπής.

Οι υδρομετρητές πολλαπλής ριπής, για τους ίδιους λόγους που ισχύουν και για τους απλής ριπής, είναι σχεδιασμένοι να λειτουργούν σε οριζόντια θέση, επιτυγχάνοντας μείωση της φθοράς των κινητών τμημάτων. Η λανθασμένη τοποθέτησή τους επηρεάζει το σφάλμα μέτρησης κυρίως των χαμηλών παροχών, αυξάνοντας τις οικονομικές απώλειες λόγω μη καταγραφής διαρροών στο δίκτυο του καταναλωτή.

Όσον αφορά το προφίλ της ταχύτητας, στους μετρητές πολλαπλής ριπής, επηρεάζεται από τις αλλαγές στην κατεύθυνση της ροής που υφίσταντο στο εσωτερικό του θαλάμου και όχι από τις πιθανές διαταραχές στην ανάντη ροή. Για το λόγο αυτό, σε αντίθεση με τους απλής ριπής, δεν απαιτείται η τοποθέτηση συγκεκριμένου μήκους ευθύγραμμων σωληνώσεων ανάντη και κατόντη των μετρητών.

Η φθορά λόγω γήρανσης του οργάνου επηρεάζει την απόδοσή του, μεταβάλλοντας την καμπύλη σφάλματος. Για κατανάλωση με χαμηλές παροχές αυξάνονται λόγω φθοράς οι τριβές με αποτέλεσμα την αύξηση των αρνητικών σφαλμάτων και της τιμής της παροχής εκκίνησης. Για κατανάλωση σε μέσες και υψηλές παροχές η καμπύλη σφάλματος μετατοπίζεται σε θετικές τιμές αυξάνοντας σημαντικά τα θετικά σφάλματα, με αποτέλεσμα οι χρήστες να χρεώνονται για όγκο νερού αρκετά μεγαλύτερο από όσο κατανάλωσαν στην πραγματικότητα.

Όσο αφορά την λειτουργία των υδρομετρητών σε περιπτώσεις αντίστροφης ροής, ισχύει ότι και με τους απλής ριπής. Για συγκεκριμένη παροχή, η ταχύτητα περιστροφής του στροφείου είναι διαφορετική για κανονική και αντίστροφη ροή, με αποτέλεσμα και η καμπύλη σφάλματος να διαφέρει στις δύο περιπτώσεις. Για παράδειγμα, η καμπύλη σφάλματος κανονικής ροής υδρομετρητή ονομαστικής παροχής 3,5 m³/h, διαπιστώνεται ότι το σφάλμα κυμαίνεται στο +2% περίπου, ενώ για αντίστροφη ροή πέφτει στο -25%. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι χρήστες να χρεώνονται για μεγάλο ποσοστό του όγκου νερού που δεν καταναλώνουν, αλλά επιστρέφει στο δίκτυό τους.

Γενικότερα, οι υδρομετρητές πολλαπλής ριπής αποτελούν όργανα αρκετά αξιόπιστα με πολύχρονη εφαρμογή παγκοσμίως. Στην αγορά είναι διαθέσιμη μεγάλη ποικιλία μοντέλων και μεγεθών, ικανή να καλύψει μια πληθώρα χρήσεων και συχνά συναντώνται σε τιμές ιδιαίτερα ανταγωνιστικές σε σχέση με τις αντίστοιχες διαθέσιμες τεχνολογίες. Λόγω του ότι το νερό προσκρούει σε παραπάνω από ένα σημεία του στροφείου, η φθορά είναι μικρότερη, εξασφαλίζοντας στο όργανο μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Παρόλα αυτά, συχνά λόγω φθοράς γήρανσης αυξάνονται σημαντικά τα θετικά σφάλματα σε μέσες και μεγάλες παροχές με αποτέλεσμα πιθανές αντιδράσεις των χρηστών. Σε σχέση με τους απλής ριπής είναι μεγαλύτεροι σε μέγεθος και όπως και αυτοί επηρεάζονται από τον τρόπο τοποθέτησής τους. Δεν επηρεάζονται όμως από το προφίλ της ταχύτητας στην ροή ανάντη και επομένως δεν απαιτείται για την ορθή λειτουργία τους η τοποθέτηση ευθύγραμμων σωληνώσεων πριν και μετά το όργανο. Αξίζει να σημειωθεί τέλος ότι είναι αρκετά ανθεκτικοί στην επίδραση των αιωρούμενων στερεών, γεγονός που τους καθιστά κατάλληλους για περιοχές με “σκληρό” νερό ή γενικά νερό με αιωρούμενα.

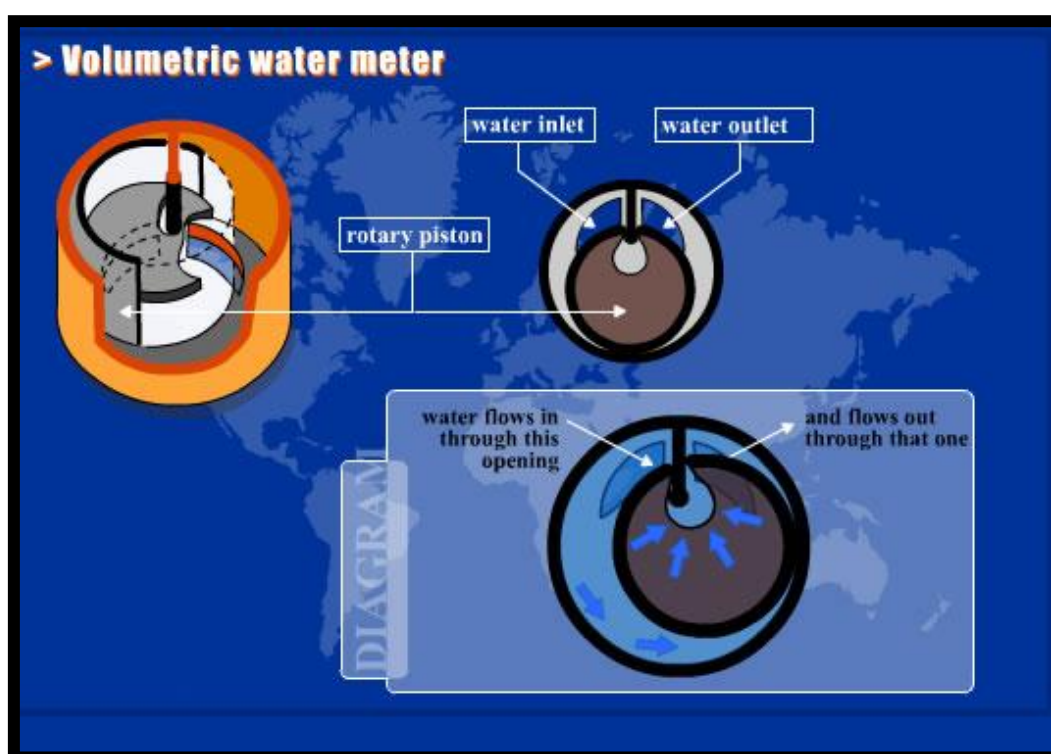
4.1.3 Υδρομετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου (Oscillating piston meters)

Με βάση τις αρχές λειτουργίας τους οι υδρομετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου ανήκουν στην κατηγορία των υδρομετρητών θετικής μετατόπισης ή αλλιώς ογκομετρικών. Χρησιμοποιούνται κυρίως για μέτρηση κατανάλωσης στην αστική χρήση και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι σε πολλές χώρες του κόσμου.

Σε αυτούς τους υδρομετρητές η καταγραφή του όγκου νερού που καταναλώνεται επιτυγχάνεται μετρώντας πόσες φορές γεμίζει και αδειάζει ο θάλαμος του οργάνου, ο οποίος είναι γνωστού όγκου. Το κινούμενο τμήμα

του οργάνου είναι ένα περιστρεφόμενο έμβολο το οποίο και πραγματοποιεί έκκεντρη κίνηση γύρω από τον άξονα του θαλάμου. Στην εικόνα 7 διακρίνεται ο τρόπος με τον οποίο το νερό γεμίζει και αδειάζει τα δύο διαμερίσματα του θαλάμου. Το στόμιο από όπου εισάγεται το νερό στο θάλαμο βρίσκεται στην μια πλευρά μιας πλάκας διαχωρισμού (division plate) και λόγω αυξημένης πίεσης στην ανάντη πλευρά το έμβολο τείνει να περιστρέφεται έκκεντρα. Η διαχωριστική πλάκα εισάγεται μέσω μιας κατάλληλα διαμορφωμένης σχισμής στο έμβολο σε διαφορετικό πάντα βαθμό επιτυγχάνοντας με τον τρόπο αυτό την έκκεντρη περιστροφή.

Όταν το δεξί τμήμα του θαλάμου είναι γεμάτο, τότε το αριστερό είναι άδειο. Σε κάθε περιστροφή του εμβόλου, ο ίδιος όγκος νερού εισάγεται και εξάγεται από τον θάλαμο, χωρίς βέβαια να λαμβάνονται υπόψη πιθανές διαρροές μεταξύ των δύο τμημάτων του. Με την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτής επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια στην μέτρηση ποσοτήτων νερού ακόμη και με πολύ μικρές παροχές.



Εικόνα 4.4: Σχηματική απεικόνιση λειτουργίας υδρομετρητή ταλαντευόμενου εμβόλου.

Σε αντίθεση με τους ταχυμετρικούς υδρομετρητές, οι υδρομετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου δεν επηρεάζονται σχεδόν καθόλου από τον τρόπο τοποθέτησής τους. Η καμπύλη σφάλματος παραμένει σχεδόν ανεπηρέαστη για οποιαδήποτε θέση (οριζόντια, υπό γωνιά κτλ.), ενώ μικρές αποκλίσεις

μπορεί να εκδηλωθούν στις χαμηλές παροχές, που όμως δεν θεωρούνται γενικά αξιοσημείωτες.

Λόγω του γεγονότος ότι για την μέτρηση του όγκου νερού οι υδρομετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου δεν χρησιμοποιούν την ταχύτητα ροής, οποιαδήποτε μεταβολή στο προφίλ της ταχύτητας στα ανάντη δεν επηρεάζει την ακρίβεια μέτρησης του οργάνου. Έτσι, λοιπόν, αντίθετα με τους ταχυμετρικούς υδρομετρητές απλής ριπής, δεν επηρεάζονται από την παρουσία συσκευών στα ανάντη τους, ενώ επίσης δεν απαιτείται και κατάλληλη διαμόρφωση των σωληνώσεων πριν και μετά το όργανο.

Επιπλέον, επειδή ακριβώς για την καταγραφή του όγκου μετρώνται οι φορές που γεμίζουν και αδειάζουν τα δύο τμήματα του μετρητικού θαλάμου, η συμπεριφορά του οργάνου είναι ίδια τόσο για κανονική όσο και για αντίστροφη ροή. Έτσι, και η καμπύλη σφάλματος του υδρομετρητή είναι σχεδόν ίδια άσχετα με την φορά της ροής, αφού και στις δύο περιπτώσεις τα τμήματα του θαλάμου γεμίζουν και αδειάζουν πλήρως. Η μόνη διαφορά που μπορεί να παρουσιαστεί κατά την αντίστροφη ροή είναι η αύξηση των τριβών και επομένως η φθορά του οργάνου, γεγονός που οδηγεί και σε αύξηση των διαρροών μεταξύ των τμημάτων του μετρητικού θαλάμου.

Χάρη στην τεχνολογία που εφαρμόζεται για την λειτουργία των υδρομετρητών αυτών επιτυγχάνεται υψηλή ευαισθησία σε χαμηλές παροχές. Η παροχή εκκίνησης λειτουργίας του οργάνου είναι πολύ χαμηλότερη σε σχέση με αυτές άλλων μετρητών. Για παράδειγμα, για ογκομετρικό υδρομετρητή ονομαστικής παροχής 1,5 m³/h η παροχή εκκίνησης κυμαίνεται από 1 έως 5 l/h. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα εντοπισμού ακόμη και πολύ μικρών διαρροών στο δίκτυο του χρήστη (π.χ. βρύση που στάζει).

Οι υδρομετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου, γενικά, διατηρούν την απόδοσή τους και μακροπρόθεσμα, αφού, σε σύγκριση με τους ταχυμετρικούς απλής και πολλαπλής ριπής, λίγοι είναι οι παράγοντες εκείνοι που τους επηρεάζουν. Με το πέρασμα του χρόνου, οι μετρητές αυτοί έχουν την τάση να καταγράφουν λιγότερο όγκο νερού σε σχέση με τον πραγματικό. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε αύξηση των διαρροών μεταξύ των δύο τμημάτων του μετρητικού θαλάμου, αποτέλεσμα των τριβών και της γήρανσης του οργάνου. Σταδιακά, με τα χρόνια, η ποσότητα του νερού που διέρχεται από το μετρητή σε κάθε ταλάντωση του εμβόλου αυξάνεται καταγράφοντας μικρότερο όγκο από τον πραγματικό και μετατοπίζοντας την καμπύλη σφάλματος στις αρνητικές τιμές. Αύξηση των θετικών σφαλμάτων είναι

σπάνια, αφού αυτό θα σήμαινε μείωση του όγκου των τμημάτων του μετρητικού θαλάμου, γεγονός που θα έθετε το όργανο εκτός λειτουργίας.

Ένας παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει μεγάλο σφάλμα στην μέτρηση του υδρομετρητή είναι η πλήρωση τμήματος του μετρητικού θαλάμου με οποιοδήποτε άλλο ρευστό εκτός του νερού, όπως για παράδειγμα με αέρα. Εκτός όμως από λανθασμένη μέτρηση, κάτι τέτοιο θα είχε ως αποτέλεσμα σοβαρή και ταχύτατη φθορά των κινούμενων τμημάτων του οργάνου. Για την προστασία, λοιπόν, του μετρητή συστήνεται η τοποθέτηση βαλβίδας εξαερισμού σε υπερυψωμένα σημεία του δικτύου στα ανάντη.

Οι υδρομετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στα αιωρούμενα στερεά που υπάρχουν στο νερό, γεγονός που αποτελεί και το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους. Εναποθέσεις αλάτων και αιωρούμενων στερεών παρεμποδίζουν την ομαλή κίνηση του εμβόλου και των υπόλοιπων τμημάτων και προκαλούν φθορά στο όργανο, με αποτέλεσμα σοβαρές μεταβολές στην καμπύλη σφάλματος. Καθοριστικής σημασίας, λοιπόν, για την εξασφάλιση της σωστής λειτουργίας του μετρητή είναι το φίλτρο. Είναι ένα πλέγμα που συγκρατεί τα αιωρούμενα στερεά που περιέχονται στο νερό και δεν επιτρέπει την είσοδό τους στον μετρητικό θάλαμο. Συχνά, σε περιπτώσεις όπου το νερό είναι χαμηλής ποιότητας, μπορεί να απαιτείται συντήρηση των φίλτρων με αποτέλεσμα το κόστος να αυξάνεται αρκετά σε σχέση με το αντίστοιχο άλλων τεχνολογιών.

Γενικότερα, οι υδρομετρητές ταλαντευόμενου εμβόλου αποτελούν αξιόπιστα όργανα με πολύχρονη εφαρμογή παγκοσμίως. Συναντώνται σε ποικιλία μοντέλων και μεγεθών. Δεν επηρεάζονται από τον τρόπο τοποθέτησής τους, αλλά ούτε και από το προφίλ της ταχύτητας στα ανάντη, απαιτώντας έτσι και μικρότερο χώρο για την εγκατάστασή τους. Συνήθως έχουν μεγαλύτερο μέγεθος, βάρος και κόστος από αντίστοιχους μετρητές άλλων τεχνολογιών, ενώ όπως αναφέρθηκε και παραπάνω είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στην επίδραση των αιωρούμενων στερεών, πράγμα που αποτελεί και το βασικότερό τους μειονέκτημα. Παρόλα αυτά έχουν την δυνατότητα να καταγράφουν καταναλώσεις σε πολύ χαμηλές παροχές, γεγονός που τους καθιστά ιδανικούς σε περιπτώσεις όπου μεγάλο ποσοστό των καταναλώσεων πραγματοποιείται σε τέτοιες παροχές (π.χ. αστική χρήση), ο όγκος νερού που χάνεται λόγω διαρροών στο δίκτυο των χρηστών είναι μεγάλος και όπου η τιμή του νερού είναι υψηλή.

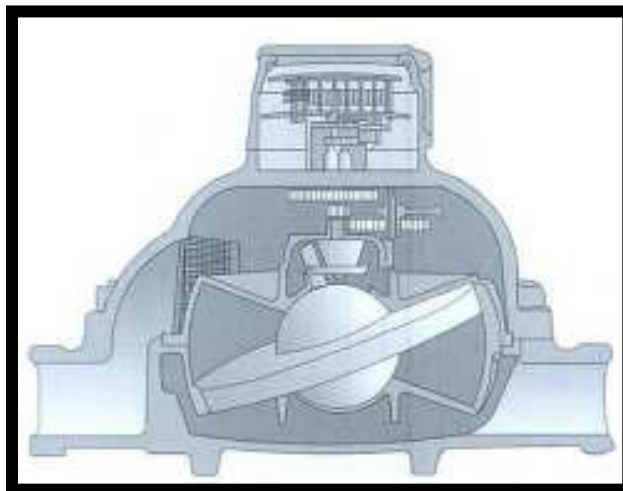
4.1.4 Υδρομετρητές ταλαντευόμενου δίσκου (Nutating disc meters)

Οι υδρομετρητές ταλαντευόμενων δίσκων ανήκουν και αυτοί στην κατηγορία των ογκομετρικών. Χρησιμοποιούνται για την μέτρηση κατανάλωσης οικιακών καταναλωτών και είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι στη Βόρεια Αμερική.

Η κατανάλωση καθορίζεται καταμετρώντας τις φορές που ο θάλαμος γνωστού όγκου του μετρητή γεμίζει και αδειάζει. Το κινούμενο στοιχείο είναι ένας δίσκος που ταλαντεύεται γύρω από τον άξονα συμμετρίας του θαλάμου, διαιρώντας τον σε ξεχωριστά τμήματα – διαμερίσματα. Το νερό εισάγεται από την μια πλευρά πληρώνοντας ένα από τα διαμερίσματα του θαλάμου. Ο δίσκος περιστρέφεται έκκεντρα κλείνοντας την είσοδο του θαλάμου, ανοίγοντας ταυτόχρονα την έξοδό του και μειώνοντας τον όγκο του διαμερίσματος. Τα στόμια εισόδου και εξόδου του θαλάμου ποτέ δεν συμπίπτουν ανοιχτά ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα σε κάθε περιστροφή του δίσκου να περνά από το μετρητή ο ίδιος όγκος νερού.

Τα τμήματα που αποτελούν την συσκευή μέτρησης είναι ο μετρητικός θάλαμος, ο δίσκος και μια πλάκα που διαιρεί τον θάλαμο. Συνήθως είναι από πλαστικό, αλλά μερικές φορές για την κατασκευή τους χρησιμοποιείται και μέταλλο. Για να επιτρέπεται η παλινδρομική κίνηση του δίσκου, ο μετρητικός θάλαμος έχει ιδιόμορφο σχήμα. Τα πάνω και κάτω τμήματα έχουν κωνικό σχήμα, ενώ τα πλευρικά τοιχώματα είναι κυρτά (σφαιρικά). Το κυρίως σώμα του υδρομετρητή, που κατασκευάζεται κυρίως από χαλκό ή μπρούντζο, εκτός από την συσκευή μέτρησης περιλαμβάνει και πλέγματα συγκράτησης αιωρούμενων στερεών (strainers). Οι υδρομετρητές ταλαντευόμενου δίσκου επηρεάζονται όσο αφορά την ανθεκτικότητά τους, αλλά και την απόδοσή τους από την ποιότητα του νερού, καθιστώντας έτσι απαραίτητη την χρήση πλεγμάτων για την συγκράτηση αιωρούμενων στερεών που μπορεί να παρεμποδίσουν την κίνηση του δίσκου.

Οι εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια μέτρησης των υδρομετρητών ταλαντευόμενου δίσκου είναι οι ίδιοι με αυτούς των μετρητών ταλαντευόμενου εμβόλου.



Εικόνα 4.5 : Τομή υδρομετρητή ταλαντευόμενου δίσκου

Γενικότερα, οι υδρομετρητές αυτοί αποτελούν αξιόπιστα όργανα που χρησιμοποιούνται για δεκαετίες. Ως συσκευές είναι μεγαλύτεροι, βαρύτεροι και ακριβότεροι από αντίστοιχους μετρητές άλλης τεχνολογίας (ακόμη και από τους ταλαντευόμενου εμβόλου). Το προφίλ της ταχύτητας και το είδος της ροής, όμως, δεν επηρεάζει την μέτρηση, κι έτσι δεν απαιτείται η λήψη πρόσθετων αποστάσεων ανάντη και κατόντη του μετρητή, ενώ πολύ μικρή επίδραση έχει και ο προσανατολισμός με τον οποίο τοποθετείται το όργανο. Θα πρέπει να τονισθεί ότι είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στην καταγραφή των χαμηλών παροχών, αλλά επηρεάζονται ιδιαίτερα από τα αιωρούμενα στερεά, γεγονός που αποτελεί και το μεγαλύτερο μειονέκτημά τους.

4.2 Μετρολογικά χαρακτηριστικά υδρομετρητή

Όπως και κάθε άλλη συσκευή μέτρησης, έτσι και οι υδρομετρητές δεν είναι ιδανικά όργανα, με συνέπεια να μην είναι δυνατόν να καταγράφουν με απόλυτη ακρίβεια το νερό που χρησιμοποιεί ο χρήστης. Όλοι οι υδρομετρητές, άσχετα με το είδος τους, παρουσιάζουν σφάλματα και περιορισμούς στην μέτρηση. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα την εγγραφή είτε μικρότερης ποσότητας νερού από την πραγματική, είτε μεγαλύτερης.

Για να επιτευχθεί η λήψη μετρήσεων που να θεωρούνται αξιόπιστες καθορίζονται τα ανεκτά όρια στα σφάλματα μέτρησης, έτσι ώστε κάθε ενδιαφερόμενος να μπορεί να εμπιστευτεί το αποτέλεσμα της μέτρησης. Στόχος είναι η επίτευξη υψηλής ακρίβειας. Ο όρος “ακρίβεια” αναφέρεται

τόσο στο πόσο κοντά είναι οι τιμές των μετρήσεων στην πραγματική τιμή (accuracy), όσο και στο κατά πόσο για μια σειρά μετρήσεων της αυτής τιμής παρουσιάζεται μικρή διασπορά ή επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων (precision). Μεγάλη διασπορά των αποτελεσμάτων έχει ως συνέπεια ότι και οι τιμές δεν θα είναι κοντά στην πραγματική τιμή (low precision – low accuracy). Αντίστοιχα, όμως, δεν συνεπάγεται άμεσα ότι αν επιτευχθεί μικρή διασπορά, οι τιμές θα είναι κοντά στην πραγματική (high precision – low accuracy). Για το λόγο αυτό στόχος είναι τα όργανα να επιτυγχάνουν μετρήσεις της αυτής τιμής με μικρή διασπορά, αλλά ταυτόχρονα και οι τιμές να είναι κοντά στην πραγματική (high precision – high accuracy).

Παρά τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε τύπου μετρητή, υπάρχουν παράμετροι κοινού σε όλους τους τύπους υδρομετρητών που επιτρέπουν τον προσδιορισμό της απόδοσής τους. Οι παράμετροι αυτοί ονομάζονται μετρολογικά χαρακτηριστικά και συμβάλλουν στην εκτίμηση της ακρίβειας των μετρήσεων και του σφάλματος μέτρησης που αναμένεται από κάθε τύπο υδρομετρητή.

4.2.1 Τυπική καμπύλη σφάλματος υδρομετρητή (Accuracy curve)

Η ακρίβεια μέτρησης, δηλαδή ουσιαστικά το σφάλμα μέτρησης, κάθε υδρομετρητή μεταβάλλεται ανάλογα με το μέγεθος της ροής που διέρχεται κάθε φορά από αυτόν. Η τυπική καμπύλη σφάλματος αποτελεί ένα διάγραμμα με το οποίο εκτιμάται το σφάλμα και συνεπώς και η ακρίβειά του σε διάφορες ροές κατανάλωσης και χαρακτηρίζει κάθε είδος υδρομετρητή.

Οι τιμές που παίρνει ο κατακόρυφος άξονας του διαγράμματος είναι αυτές του σφάλματος, είναι ποσοστιαίες επί τοις εκατό (%) και είναι τόσο αρνητικές όσο και θετικές. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ο υδρομετρητής καταγράφει κατανάλωση μικρότερη, αλλά και μεγαλύτερη από την πραγματική. Οι τιμές του οριζόντιου άξονα αντιστοιχούν σε αυτές της παροχής με μονάδα μέτρησης τα λίτρα ανά ώρα (l/h).

Γενικά το διάγραμμα της καμπύλης σφάλματος όλων των υδρομετρητών με βάση την μορφή της καμπύλης σφάλματος μπορεί να διαιρεθεί σε τρεις ζώνες. Η πρώτη ζώνη αντιστοιχεί σε χαμηλές παροχές με τιμές μικρότερες της ελάχιστης τιμής που παίρνει η καμπύλη σφάλματος. Η ελάχιστη αυτή παροχή ονομάζεται παροχή εκκίνησης του υδρομετρητή και αποτελεί την παροχή εκείνη που απαιτείται για να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Στην πράξη η παροχή αυτή παίρνει ένα εύρος τιμών και όχι μια μοναδική συγκεκριμένη

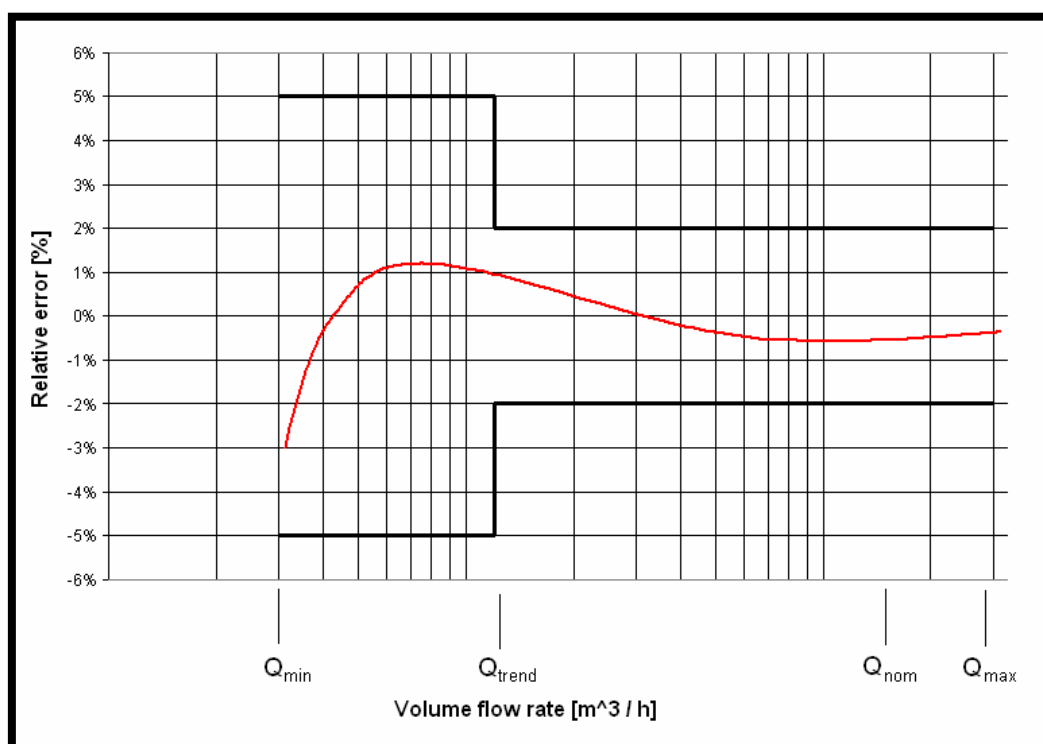
τιμή. Στην ζώνη αυτή ο όγκος του νερού που διέρχεται δεν καταγράφεται και το σφάλμα θεωρείται 100%. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι δεν τίθεται σε λειτουργία ο μηχανισμός του υδρομετρητή, με αποτέλεσμα να καταναλώνονται άγνωστες ποσότητες νερού, χωρίς όμως να λαμβάνεται το αντίστοιχο αντίτιμο από την Εταιρεία Ύδρευσης. Έτσι προκαλούνται οικονομικές απώλειες για την Εταιρεία, το μέγεθος των οποίων δεν μπορεί να υπολογισθεί με ακρίβεια παρά μόνο ίσως να εκτιμηθεί. Αξίζει να σημειωθεί, επίσης, ότι οι παροχές αυτού του μεγέθους συνήθως οφείλονται σε διαρροές, οι οποίες με αυτόν τον τρόπο παραμένουν άγνωστες και δεν εντοπίζονται με συνέπεια την κατασπατάληση σημαντικών ποσοτήτων νερού, τη στιγμή που πολλές περιοχές αντιμετωπίζουν στο παρόν ή στο άμεσο μέλλον προβλήματα έλλειψης υδατικών πόρων κατάλληλων για αστική χρήση. Για το λόγο αυτό στην αστική χρήση προτιμώνται σήμερα υδρομετρητές με χαμηλές παροχές εκκίνησης ικανοί να καταγράψουν ακόμη και πολύ μικρές ποσότητες νερού.

Η δεύτερη ζώνη αντιστοιχεί σε παροχές αρκετά μεγάλες ώστε να θέσουν σε λειτουργία το όργανο, όμως ο όγκος καταγράφεται με σημαντικό σφάλμα μέτρησης. Χαρακτηριστικά το σφάλμα που αντιστοιχεί στην παροχή εκκίνησης μπορεί να είναι της τάξης του -70%. Μόλις η παροχή ξεπεράσει την τιμή της παροχής εκκίνησης, η καμπύλη σφάλματος αυξάνει με έντονη κλίση, έως μια τιμή κοντά στο μηδέν. Είναι επιθυμητό το εύρος τιμών των παροχών που ανήκουν στην ζώνη αυτή να είναι αρκετά μικρό. Στους καινούργιους υδρομετρητές αναμένεται η τιμή της παροχής με σφάλμα μέτρησης κοντά στο μηδέν να είναι μόλις 10 – 15 l/h μεγαλύτερη από αυτήν της παροχής εκκίνησης.

Η τρίτη ζώνη, τέλος, αντιστοιχεί σε παροχές με μικρότερο και σχεδόν σταθερό μετρητικό σφάλμα, που θα μπορούσε να θεωρηθεί ακόμη και ανεξάρτητο από την ροή. Η μορφή που λαμβάνει η καμπύλη στην ζώνη αυτή εξαρτάται ιδιαίτερα και από τα κατασκευαστικά του κάθε υδρομετρητή και από την τεχνολογία που εφαρμόζει. Στις παροχές της ζώνης αυτής θεωρείται ότι το όργανο λειτουργεί κανονικά.

Για τον υπολογισμό του σφάλματος για μια παροχή A σχεδιάζεται μια κατακόρυφη γραμμή από τον οριζόντιο άξονα έως την καμπύλη. Στην συνέχεια από το σημείο τομής σχεδιάζεται μια οριζόντια γραμμή έως τον κατακόρυφο άξονα. Η τιμή του σημείου στο οποίο η γραμμή αυτή θα τμήσει τον άξονα είναι σε ποσοστό επί τοις εκατό το ζητούμενο σφάλμα.

Η βαθύτερη ανάλυση της καμπύλης σφάλματος ενός υδρομετρητή είναι καθοριστικής σημασίας για την αξιολόγηση της αξιοπιστίας του. Για το λόγο αυτό σε όλα τα διεθνή στάνταρ δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στις απαιτήσεις της καμπύλης αυτής, θέτοντας όρια και μέγιστα επιτρεπόμενα σφάλματα. Τα περισσότερα διεθνή πρότυπα (π.χ ISO 4064, EN 14154), καθώς και η Ευρωπαϊκή οδηγία 2004/22/EC προτείνουν την διαίρεση του πεδίου τιμών των παροχών σε δύο ζώνες, με διαφορετικό μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα το καθένα. Η πρώτη ζώνη που ονομάζεται και «κατώτερη» ορίζεται μεταξύ της ελάχιστης παροχής (Q_{min}) και της μεταβατικής παροχής (Q_{trend}), με μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα 5%. Η δεύτερη ζώνη που ονομάζεται και «ανώτερη» ορίζεται μεταξύ της μεταβατικής παροχής (Q_t) και της μέγιστης παροχής (Q_{max}) και έχει πιο περιορισμένο μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα 2%.



Διάγραμμα 4.2: Καμπύλη σφάλματος υδρομετρητή πολλαπλής ριπής

Η αξιολόγηση της ποιότητας της καμπύλης σφάλματος, και επομένως και του ίδιου του υδρομετρητή, είναι δυνατή με βάση την μελέτη των ακόλουθων μετρολογικών παραγόντων:

- Παροχή εκκίνησης (Q_a): Μπορεί να ορισθεί ως η ελάχιστη τιμή της παροχής που εκκινεί και θέτει σε λειτουργία τον μετρητικό μηχανισμό του υδρομετρητή. Επίσης, η παροχή αυτή θα μπορούσε να ορισθεί και ως η ελάχιστη παροχή, που απαιτείται για να διατηρηθεί σε λειτουργία ο μετρητής. Ο ακριβής προσδιορισμός της παροχής αυτής

είναι αρκετά δύσκολος και δεν υπάρχει σαφής ορισμός σε κανένα διεθνές πρότυπο ή οδηγία. Η γνώση της παροχής εκκίνησης είναι απαραίτητη, ώστε να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητα του οργάνου στην μέτρηση διαρροών, καθώς επίσης και ο όγκος νερού που δεν καταγράφεται καθόλου από το όργανο.

- Ελάχιστη παροχή (Q_1 ή Q_{min}): Ορίζεται ως η κατώτατη παροχή στην οποία το όργανο παρέχει ενδείξεις που πληρούν τις απαιτήσεις του μέγιστου επιτρεπόμενου σφάλματος 5%.
- Μεταβατική παροχή (Q_2 ή Q_t): Νοείται ως η τιμή παροχής μεταξύ της ελάχιστης και της ονομαστικής ή μόνιμης παροχής. Διαιρεί το πεδίο τιμών σε δύο ζώνες, την “ανώτερη ζώνη” και την “κατώτερη ζώνη”. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, σε κάθε ζώνη αντιστοιχεί ένα χαρακτηριστικό μέγιστο επιτρεπόμενο σφάλμα.
- Μόνιμη (ή ονομαστική) παροχή (Q_3 ή Q_{nom}): Η ανώτατη παροχή σε κανονικές συνθήκες χρήσης, σταθερής ή διακεκομμένης ροής. Ο υδρομετρητής αναμένεται να λειτουργεί ικανοποιητικά χωρίς να σημειώνεται υπέρβαση των ορίων των μέγιστων ανεκτών σφαλμάτων.
- Παροχή υπερφόρτισης (ή μέγιστη) (Q_s): Νοείται ως η ανώτατη τιμή παροχής στην οποία ο υδρομετρητής λειτουργεί ικανοποιητικά, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του μέγιστου επιτρεπόμενου σφάλματος, για περιορισμένο χρονικό διάστημα, χωρίς να υποστεί φθορά (ΟΔΗΓΙΑ 2004/22/ΕΚ).

Με βάση τους παραπάνω παράγοντες προσδιορίζεται η απόδοση των υδρομετρητών και τα διεθνή πρότυπα τους κατατάσσουν σε αντίστοιχες κατηγορίες, οι οποίες ονομάζονται μετρολογικές κλάσεις. Οι παροχές που διαφοροποιούν την απόδοση των υδρομετρητών είναι κυρίως η ελάχιστη και η μεταβατική παροχή. Οι υδρομετρητές διαφορετικής κλάσης μπορεί να έχουν ίδια μόνιμη παροχή, αλλά όσο μικρότερες είναι οι τιμές της ελάχιστης και της μεταβατικής παροχής, τόσο καλύτερη θεωρείται η ποιότητα μέτρησής τους, κατατάσσοντάς τους στην αντίστοιχη κλάση. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι σε όλες τις μετρολογικές κλάσεις τα μέγιστα επιτρεπόμενα σφάλματα παραμένουν σταθερά.

4.3 Τεχνικοί παράγοντες

Οι τεχνικοί παράγοντες σχετίζονται με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των υδρομετρητών, καθώς και με τις συνθήκες υπό τις οποίες αυτοί λειτουργούν. Μερικοί από τους βασικότερους είναι η πίεση λειτουργίας και οι απώλειες πίεσης, η θερμοκρασία λειτουργίας, η κατεύθυνση της ροής, το μέγεθος και

το σχήμα, τα χαρακτηριστικά της συσκευής του αθροιστή. Και για τους παράγοντες αυτούς περιλαμβάνονται στους κανονισμούς και στα διεθνή πρότυπα ορισμοί και περιορισμοί. Ως πίεση λειτουργίας (working pressure) (P_w) ορίζεται η μέση προτεινόμενη πίεση του δικτύου, ώστε να επιτυγχάνεται κανονική λειτουργία του μετρητή. Μετράται και ανάντη και κατάντη του οργάνου. Το εύρος τιμών της πίεσης λειτουργίας, στο οποίο διασφαλίζεται η διατήρηση των μετρολογικών χαρακτηριστικών του υδρομετρητή για λειτουργία κανονικής διάρκειας, κυμαίνεται από μια ελάχιστη έως μια μέγιστη αποδεκτή τιμή (minimum & maximum admissible working pressure) (ISO 4064-1:2005). Επίσης, ορίζεται και το ανώτατο όριο πίεσης (upper limit pressure), το οποίο είναι η υψηλότερη πίεση στην οποία μπορεί να λειτουργήσει το όργανο για περιορισμένη χρονική διάρκεια, χωρίς να υποστεί φθορά.

Ως απώλεια πίεσης (pressure loss) (X_p) ορίζεται η απώλεια ενέργειας του νερού λόγω παρουσίας του υδρομετρητή στο δίκτυο. Για κάθε παροχή η απώλεια πίεσης είναι διαφορετική και μπορεί να εκτιμηθεί από την τυπική καμπύλη πτώσης πίεσης κάθε οργάνου (ISO 4064-1:2005). Υπό κανονικές συνθήκες λειτουργίας το μέγεθος της απώλειας πίεσης θα πρέπει να είναι μικρότερο από την μέγιστη επιτρεπόμενη απώλεια πίεσης σε συνθήκες ονομαστικής λειτουργίας.

Ως θερμοκρασία λειτουργίας (working temperature) (T_w) ορίζεται η θερμοκρασία του νερού στο δίκτυο. Η μέτρησή της πραγματοποιείται στα ανάντη του υδρομετρητή. Η μέγιστη και η ελάχιστη επιτρεπόμενη θερμοκρασία λειτουργίας (maximum and minimum admissible working temperature) αποτελούν τις τιμές που οριοθετούν το εύρος των τιμών που λαμβάνει η θερμοκρασία λειτουργίας. Οι τιμές αυτές αποτελούν τις οριακές θερμοκρασίες στις οποίες το όργανο αντέχει να λειτουργεί κανονικά με συνεχή ή διακοπτόμενη λειτουργία, χωρίς να αλλοιώνονται τα μετρολογικά του χαρακτηριστικά.

Συχνά τα διεθνή πρότυπα ομαδοποιούν τις τιμές της πίεσης και της θερμοκρασίας, ορίζοντας με τον τρόπο αυτό τις συνθήκες λειτουργίας του μετρητή, οι οποίες μπορούν να διαιρεθούν σε τρεις κατηγορίες. Τις ονομαστικές συνθήκες λειτουργίας (rated operating conditions), τις συνθήκες αναφοράς (reference conditions) και τις οριακές συνθήκες λειτουργίας (limiting conditions). Οι ονομαστικές συνθήκες είναι οι συνθήκες λειτουργίας στις οποίες το σφάλμα μέτρησης του οργάνου παραμένει χαμηλότερο της μέγιστης επιτρεπόμενης τιμής. Οι συνθήκες αναφοράς είναι οι συνθήκες που διαμορφώνονται σύμφωνα με προδιαγραφές με στόχο τον εργαστηριακό

έλεγχο του μετρητή ή ακόμη και την σύγκριση μετρητικών αποτελεσμάτων. Τέλος, οι οριακές συνθήκες είναι οι ακραίες εκείνες συνθήκες, στις οποίες ο μετρητής λειτουργεί για περιορισμένη χρονική διάρκεια χωρίς να υφίσταται φθορά και αλλοίωση της απόδοσή του, όταν επιστρέψει στις κανονικές συνθήκες λειτουργίας.

Όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενη ενότητα, είτε λόγω συχνών διακοπών είτε λόγω πτώσης πίεσης στο δίκτυο, η φορά της ροής μπορεί να είναι αντίστροφη, δηλαδή το νερό που διέρχεται από τον υδρομετρητή να επιστρέφει πίσω στο δίκτυο, χωρίς να καταναλωθεί από το χρήστη. Και στην περίπτωση αυτή καθορίζεται από πρότυπα η συμπεριφορά του υδρομετρητή. Υπό αυτές τις συνθήκες ο υδρομετρητής μπορεί ή να διατηρεί την τελευταία ένδειξη κανονικής ροής ή να καταγράφει την ποσότητα του νερού που επιστρέφει στο δίκτυο ξεχωριστά από την ποσότητα κανονικής ροής, ή τέλος να αφαιρεί από την συνολική ένδειξη τον όγκο νερού με αντίστροφη ροή.

Ο μετρητικός μηχανισμός αποτελεί το στοιχείο του υδρομετρητή, το οποίο παρέχει ενδείξεις αντίστοιχες του όγκου του νερού, που διέρχεται από αυτόν. Το σύστημα καταγραφής θα πρέπει να παρέχει μια ευανάγνωστη, αξιόπιστη και ευδιάκριτη οπτική ένδειξη του καταγραφόμενου όγκου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο καταγραφόμενος όγκος δεν συμπίπτει με τον πραγματικό όγκο, που διέρχεται από τον μετρητή. Η μονάδα μέτρησης του όγκου θα πρέπει να αναγράφεται στην συσκευή και είναι συνήθως το κυβικό μέτρο (m³). Τα πολλαπλάσια και τα υποπολλαπλάσια της μονάδας μέτρησης θα πρέπει να έχουν διαφορετικό χρωματισμό, ώστε να αποφεύγονται λάθη στην καταγραφή της ένδειξης. Η μέγιστη ένδειξη του μετρητικού μηχανισμού θα πρέπει είναι αρκετά υψηλή, ώστε να είναι δυνατή η καταγραφή όγκου νερού ύστερα από μακροχρόνια χρήση. Ο μετρητικός μηχανισμός χαρακτηρίζεται επίσης και από την ελάχιστη ποσότητα νερού που μπορεί να καταγράψει.

4.4 Διεθνή πρότυπα

Οι υδρομετρητές χαρακτηρίζονται από την ονομαστική διάμετρο των συνδέσεων τους ή των παρεμβυσμάτων τους. Για κάθε διάμετρο παρέχονται διάφορες διαστάσεις υδρομετρητή τόσο για το μήκος, όσο και για το ύψος και το πλάτος.

Οι χαρακτηριστικές παροχές του υδρομετρητή ορίζονται πλέον διαφορετικά σε σχέση με το πρότυπο του 1993. Η ελάχιστη παροχή ορίζεται ως Q₁, η

μεταβατική ως Q_2 , η μόνιμη ως Q_3 και η παροχή υπερφόρτισης ως Q_4 . Ο προσδιορισμός του υδρομετρητή καθορίζεται από την τιμή της μόνιμης παροχής προς την ελάχιστη παροχή (Q_3/Q_1). Η τιμή της μόνιμης παροχής επιλέγεται από τις τιμές του Πίνακα 1.4, οι οποίες μπορεί να επεκτείνονται και σε άλλα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια του 10.

Η ελάχιστη παροχή (Q_1) και επομένως και η μετρολογική ικανότητα του υδρομετρητή, προσδιορίζεται από την αναλογία Q_3/Q_1 . Οι επιτρεπόμενες τιμές που λαμβάνει η αναλογία Q_3/Q_1 φαίνονται στον Πίνακα 1.5 και επεκτείνονται επίσης και σε άλλα πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια του 10. Η τιμή της αναλογίας Q_3/Q_1 συνοδεύεται από το γράμμα R. Έτσι, ένας υδρομετρητής με αναλογία ίση με 200 συναντάται με την επονομασία R200.

Στο πρότυπο του 2005 οι μετρολογικές κλάσεις δεν ορίζονται ρητά, αλλά προκύπτουν ως αποτέλεσμα των διαφορετικών τιμών της αναλογίας R (Q_3/Q_1). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι τόσο η μεταβατική παροχή (Q_2), όσο και η παροχή υπερφόρτισης (Q_4) προκύπτουν από τις τιμές των παροχών Q_1 και Q_3 . Η μεταβατική παροχή (Q_2) υπολογίζεται από τον λόγο Q_2/Q_1 που ισούται με την τιμή 1,6 ($Q_2/Q_1=1,6$). Ομοίως και η τιμή της παροχής υπερφόρτισης (Q_4) υπολογίζεται από τον λόγο Q_4/Q_3 , ο οποίος ισούται με την τιμή 1,25 ($Q_4/Q_3=1,25$). Αξίζει να σημειωθεί, ότι όσο μεγαλύτερη είναι η τιμή του λόγου R (Q_3/Q_1), τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια μέτρησης που επιτυγχάνεται.

Η ελάχιστη επιτρεπόμενη πίεση λειτουργίας είναι ίδια για όλους τους υδρομετρητές και ίση με 0,3 bar. Η μέγιστη αποδεκτή πίεση λειτουργίας (Maximum Admissible Pressure – MAP) πρέπει να είναι ίση ή μεγαλύτερη του 1MPa (10 bar) ή 0,6 MPa για υδρομετρητές με διάμετρο ίση ή μεγαλύτερη των 500mm. Ανάλογα με την τιμή της μέγιστης αποδεκτής πίεσης, οι υδρομετρητές κατατάσσονται στις κατηγορίες που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.6.

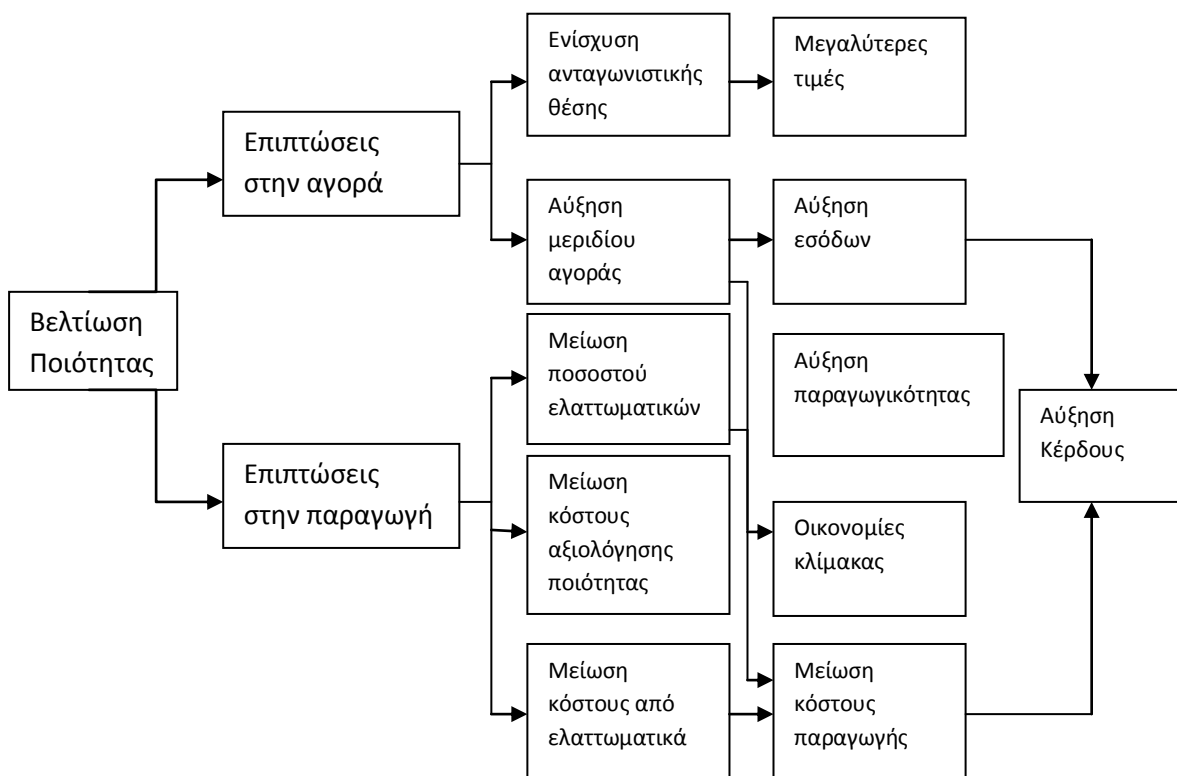
Η μέγιστη πτώση πίεσης που μπορεί να προκληθεί από τον υδρομετρητή σε συνθήκες κανονικής λειτουργίας, δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα 0,63 bar. Τιμές πτώσης πίεσης μικρότερες από αυτήν, κατατάσσουν τους υδρομετρητές στις ανάλογες κατηγορίες που φαίνονται στον Πίνακα 1.7. Επίσης, οι υδρομετρητές κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα και με την μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία λειτουργίας τους (Πίνακας 1.8).

5. ΘΕΩΡΙΑ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

5.1 Ποιότητα

5.1.1 Η στρατηγική σημασία της ποιότητας

Οι σημαντικές ευεργετικές επιπτώσεις από τη βελτίωση της ποιότητας εκδηλώνονται τόσο στο εξωτερικό περιβάλλον της επιχείρησης, δηλαδή στην αγορά, όσο και μέσα στην επιχείρηση. Τις επιπτώσεις σε ό,τι αφορά την αγορά μπορεί και πρέπει να αξιοποιούν οι υπεύθυνοι για θέματα στρατηγικού σχεδιασμού και μάρκετινγκ. Οι επιπτώσεις μέσα στην επιχείρηση έχουν σχέση όχι μόνο με τη μείωση του κόστους, αλλά κυρίως με τη δημιουργία ενός κλίματος που συμβάλλει στην καλύτερη επικοινωνία και συντονισμό των εργαζομένων, αλλά και στη δημιουργία ενός εργασιακού περιβάλλοντος που ικανοποιεί βαθύτερες ψυχολογικές ανάγκες κάθε εργαζομένου. Και στις δύο περιπτώσεις διαμορφώνονται συνθήκες, που όχι απλώς αυξάνουν την αποδοτικότητα (κερδοφορία) για την επιχείρηση, ως αναγκαίο βραχυπρόθεσμο στόχο, αλλά και ανοίγουν ορίζοντες για την εξασφάλιση της επιβίωσης και επιτυχίας της σε συνθήκες οξύτατου ανταγωνισμού. Οι συμπληρωματικοί τρόποι με τους οποίους η βελτίωση της ποιότητας επηρεάζει ευνοϊκά το κέρδος απεικονίζονται στο παρακάτω Διάγραμμα.



Διάγραμμα 5.1 : Επιπτώσεις από τη βελτίωση της ποιότητας στο οικονομικό αποτέλεσμα

5.1.2 Σύγκριση ποιότητας με παραγωγικότητα και αποδοτικότητα

Για την αύξηση της ανταγωνιστικότητας μιας επιχείρησης σήμερα, η διοίκηση επιδιώκει τη βελτίωση ορισμένων κρίσιμων μεγεθών, όπως η αποδοτικότητα, δηλαδή η ικανότητα να πραγματοποιεί επαρκή κέρδη, η παραγωγικότητα, δηλαδή η χρήση των μέσων παραγωγής χωρίς σπατάλη, και η ποιότητα των προϊόντων της, δηλαδή η ικανότητα ικανοποίησης των αναγκών των πελατών της. Ανάλογα με την προτεραιότητα που δίνει η διοίκηση σε κάθε έναν από τους παραπάνω δείκτες, διαμορφώνεται διαφορετική συμπεριφορά και κλίμα στην ανάπτυξη της επιχειρηματικής δραστηριότητας.

Σε σειρά άρθρων του ο Ιάπωνας καθηγητής Yoshio Kondo υποστηρίζει ότι από όλους τους κρίσιμους δείκτες ανταγωνιστικότητας μόνο η ποιότητα είναι ικανή να ανοίξει νέες αγορές σε μία ανοικτή διεθνή οικονομία. Η διατήρηση όμως του ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος που προσφέρει η ποιότητα απαιτεί καλές επιδόσεις και στην παραγωγικότητα και στη πραγματοποίηση κερδών.

Η ποιότητα προσφέρει ένα καθοριστικό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα για δυο λόγους.

Πρώτος λόγος είναι ότι, στην ανθρώπινη ιστορία η έννοια της ποιότητας έγινε κατανοητή 1.000.000 χρόνια πριν, όταν για τη διασφάλιση της τροφής του ο άνθρωπος εξαρτιόταν από την ποιότητα των εργαλείων του για το κυνήγι και την καλλιέργεια της γης. Η έννοια του κόστους από την οποία υπολογίζεται το κέρδος έχει ιστορία μόνο 10.000 χρόνων. Η έννοια του κόστους περιέμενε την επινόηση του χρήματος ως μέσου συναλλαγής μεταξύ των ανθρώπων για την κάλυψη των αναγκών τους. Η έννοια της παραγωγικότητας που άρχισε να γίνεται αντικείμενο μελέτης μετά την πρώτη βιομηχανική επανάσταση και ερευνάται συστηματικά από την εποχή του Frederick W. Taylor το 1986, πατέρα της επιστημονικής προσέγγισης στη διοίκηση, είναι ακόμα πιο πρόσφατη εξέλιξη με ιστορία περίπου 200 ετών. Από τα παραπάνω γίνεται σαφές ότι η ποιότητα είναι μια έννοια πιο οικεία, κατανοητή και αποδεκτή από αυτήν του κόστους και της παραγωγικότητας.

Παραγωγός	Πελάτης
Ποιότητα	Ποιότητα
Κόστος	Τιμή
Παραγωγικότητα	Εξυπηρέτηση μετά την πώληση

Ο δεύτερος λόγος που η ποιότητα προσφέρει σε μια επιχείρηση σημαντικό πλεονέκτημα είναι το γεγονός ότι είναι το μόνο κοινό χαρακτηριστικό που ενδιαφέρει και τον παραγωγό και τον αγοραστή ενός προϊόντος. Στον

παραπάνω πίνακα βλέπουμε τα κύρια ενδιαφέροντα για τον παραγωγό και τον πελάτη.

Στον Πίνακα παρατηρούμε ότι άλλοι είναι οι στόχοι και τα ενδιαφέροντα του παραγωγού και άλλοι ενός πελάτη. Η ποιότητα είναι το μόνο κοινό ενδιαφέρον που μπορούν να έχουν κοινό και οι δύο πλευρές. Όταν η διοίκηση αγνοεί την ποιότητα σε μία ανταγωνιστική αγορά, τότε παραμελεί το ένα και πιθανόν το πιο σημαντικό από τα ενδιαφέροντα του πελάτη που θα αναζητήσει να το καλύψει με άλλους τρόπους για να ικανοποιήσει τις ανάγκες του. Πολύ λίγο ενδιαφέρει τον πελάτη το κόστος για τον παραγωγό και η απόδοση με την οποία αξιοποιεί τα διαθέσιμα μέσα που έχει. Σήμερα οι επιχειρήσεις που λειτουργούν κάτω από συνθήκες έντονου ανταγωνισμού κατανοούν ότι χωρίς υψηλή ποιότητα στα προϊόντα και την εξυπηρέτηση τους δεν έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιήσουν μεγάλα κέρδη.

Όταν έχουμε βελτίωση της ποιότητας με αποτελεσματικούς τρόπους, τότε παρατηρούμε ότι και η παραγωγικότητα αυξάνεται και το κόστος μειώνεται. Αντίθετα με την αύξηση της παραγωγικότητας ή τη μείωση της του κόστους η επιχείρηση δεν επιτυγχάνει αυτομάτως και τη βελτίωση της ποιότητας. Συνεπώς, στην προσπάθεια αύξησης της ανταγωνιστικότητας είναι λογικό να ξεκινά η διοίκηση με την βελτίωση της ποιότητας και στη συνέχεια να επιδιώκει την αύξηση της παραγωγικότητας και τη μείωση του κόστους.

5.1.3 Ορισμοί της ποιότητας

Μια συστηματική προσπάθεια για την κατανόηση και βελτίωση της ποιότητας απαιτεί αρχικά την αποσαφήνιση και τον προσεκτικό ορισμό της έννοιας της ποιότητας. Στην συνέχεια είναι αναγκαίο να προσδιοριστούν οι διαφορετικές διαστάσεις της ποιότητας που ανάλογα με την έμφαση που δίνει η διοίκηση επηρεάζουν το επιδιωκόμενο ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Ο όρος «ποιότητα» προκαλεί συχνά σύγχυση, διότι ερμηνεύεται με διαφορετικό τρόπο, ανάλογα με τη σκοπιά από την οποία αντιμετωπίζεται. Ορισμένοι από τους πιο γνωστούς και αποδεκτούς ορισμούς της έννοιας «ποιότητα» από τους αποκαλούμενους «γκουρού», δηλ. διακεκριμένους ειδικούς, είναι οι εξής :

Juran

Ποιότητα για ένα είδος (προϊόν/ υπηρεσία) είναι η καταλληλότητα του για χρήση.

Deming

Ποιότητα για ένα είδος (προϊόν/ υπηρεσία) είναι η προβλέψιμη ομοιομορφία και αξιοπιστία του σε χαμηλό κόστος και η καταλληλότητα του για αγορά.

Crosby

Ποιότητα για ένα είδος (προϊόν/ υπηρεσία) είναι η συμμόρφωση του με τις απαιτήσεις/ προδιαγραφές του.

ΟΙ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ

ΑΠΟΔΟΣΗ	Το προϊόν κάνει την δουλειά για την οποία προορίζεται; Κάνει τη δουλειά καλύτερα από άλλα ομοειδή προϊόντα;
ΑΞΙΟΠΙΣΤΙΑ	Το προϊόν χρειάζεται συχνή επισκευή;
ΔΙΑΡΚΕΙΑ	Η διάρκεια ζωής του προϊόντος είναι μεγάλη;
ΕΠΙΣΚΕΥΗ	Πόσο γρήγορη και οικονομική είναι η επισκευή του προϊόντος στην περίπτωση που εμφανιστεί βλάβη;
ΑΙΣΘΗΤΙΚΗ	Πόσο ικανοποιητικό είναι από άποψη εμφάνισης (χρώμα, σχήμα, περιτύλιγμα, κτλ.) το προϊόν;
ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ	Ποιες είναι οι επιπρόσθετες δυνατότητες του προϊόντος;
ΦΗΜΗ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ	Ποια είναι η φήμη της εταιρείας, καλή ή κακή;
ΣΥΜΜΟΡΦΩΣΗ ΜΕ ΤΙΣ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ	Το προϊόν κατασκευάστηκε σύμφωνα με τις προδιαγραφές που έθεσε ο σχεδιαστής του;

5.1.4 Ιστορική αναδρομή της ποιότητας

1901: Τα πρώτα εργαστήρια προτύπων (standards) ιδρύονται στη Μ. Βρετανία
1907: Η AT&T Bell Laboratories αρχίζει τη συστηματική επιθεώρηση και έλεγχο προϊόντων και υλικών
1919: Η Ένωση Τεχνικών Επιθεωρητών ιδρύεται στην Αγγλία η οποία αργότερα μετονομάζεται σε Ινστιτούτο Διασφάλισης της Ποιότητας
1920: Στα εργαστήρια της AT&T Bell Laboratories ιδρύεται τμήμα ποιότητας
1924: Ο W. A. Shewhart εισάγει τα διαγράμματα ελέγχου σε ένα Technical Report στην AT&T Bell
1928: Το δειγματοληπτικό u963 σχέδιο αποδοχής σωρού αναπτύσσεται από τους Dodge και Romig
1931: Ο W.A. Shewhart εκδίδει το περιοδικό Economic Control of Quality of Manufactured Product
1932: Ο W.A. Shewhart δίνει διαλέξεις σε στατιστικές μεθόδους στην παραγωγή και στα διαγράμματα ελέγχου στο Πανεπιστήμιο του Λονδίνου
1938: Ο W.E. Deming προσκαλεί τον Shewhart για σεμινάρια στα διαγράμματα ελέγχου στο U.S. Department of Agriculture Graduate School
1940: Το Υπουργείο Πολέμου των Η.Π.Α. εκδίδει ένα οδηγό για την ανάλυση δεδομένων με χρήση διαγραμμάτων ελέγχου
1946: Ιδρύεται η American Society for Quality Control (ASQC)
1946: Ο W.E. Deming προσκαλείται στην Ιαπωνία για να δώσει σεμινάρια Στατιστικού Ποιοτικού Ελέγχου
1948: Ο Καθηγητής G. Taguchi αρχίζει τη μελέτη των πειραματικών σχεδιασμών
1950: Ο W.E. Deming αρχίζει την εκπαίδευση ανώτατων στελεχών βιομηχανιών της Ιαπωνίας
1950: Ο K. Ishikawa εισάγει το διάγραμμα αιτίου-αποτελέσματος (cause and effect diagram)
1954: Ο J. M. Juran προσκαλείται από την Ιαπωνία για να δώσει διαλέξεις σε θέματα διοίκησης και βελτίωσης της ποιότητας. Ο E.S. Page εισάγει το διάγραμμα ελέγχου CUSUM
1959: Ο S. Roberts εισάγει το διάγραμμα ελέγχου EWMA. Ξεκινά η έκδοση του επιστημονικού περιοδικού Technometrics
1960: Η ιδέα των κύκλων ποιότητας εισάγεται από τον K. Ishikawa
1969: Τα περιοδικά Quality Progress και Journal of Quality Technology αρχίζουν να εκδίδονται
1975: Εμφανίζονται τα πρώτα βιβλία σε σχεδιασμό πειραμάτων
1989: Αρχίζει να εκδίδεται το περιοδικό Quality Engineering. Η Motorola εισάγει την έννοια six-sigma.
1990: Σταδιακή αύξηση της ζήτησης στην βιομηχανία για πιστοποίηση κατά ISO 9000
1997: Η προσέγγιση six-sigma της Motorola υιοθετείται και από άλλες βιομηχανίες
2000: Γίνεται η δεύτερη αναθεώρηση της σειράς προτύπων ISO 9000
2003: Ενισχύεται η δέσμευση, η υπευθυνότητα και η επίγνωση των προμηθευτών με τις επιχειρήσεις σχετικά με την ποιότητα.
2005: Θεσπίζεται από τους Filho και Cezar η εφαρμογή διαδικασιών βελτίωσης του Συστήματος Διοίκησης Ποιότητας

Το κεντρικό σημείο της φιλοσοφίας του *Deming* ήταν η μείωση της μεταβλητότητας στην παραγωγική διαδικασία με ιδιαίτερη έμφαση στη στατιστική επιμέλεια και έλεγχο.

Πίνακας 5.1 Οι 14 κανόνες του Deming

Κανόνας 1: Δημιούργησε το κλίμα για ένα σταθερό πρόγραμμα που να αποβλέπει στη συνεχή βελτίωση των προϊόντων και των υπηρεσιών
Κανόνας 2: Υιοθέτησε τη νέα φιλοσοφία της απόρριψης της κακής δουλειάς, των ελαττωματικών και των μη ικανοποιητικών υπηρεσιών
Κανόνας 3: Μην βασίζεστε στον τελικό έλεγχο όλης της παραγωγής για την επίτευξη υψηλής ποιότητας
Κανόνας 4: Σταματήστε τη συνήθεια αγοράς προμηθειών με τη χαμηλότερη τιμή
Κανόνας 5: Προσπαθήστε να βελτιώνεται χωρίς διακοπή όλα τα συστήματα παραγωγής και υπηρεσιών
Κανόνας 6: Θεσπίστε ένα πρόγραμμα σύγχρονης εκπαίδευσης και εφαρμόστε το σε όλους τους εργαζόμενους
Κανόνας 7: Υιοθετήστε σύγχρονους τρόπους επίβλεψης
Κανόνας 8: Εξαλείψτε το φόβο. Μη διστάζετε να ρωτάτε και να αναφέρετε προβλήματα
Κανόνας 9: Εξαφανίστε τα εμπόδια μεταξύ των τμημάτων της επιχείρησης. Η από κοινού δουλειά μεταξύ των διαφόρων τμημάτων της επιχείρησης είναι απαραίτητο στοιχείο για την ανάπτυξη της ποιότητας
Κανόνας 10: Εξαλείψτε τους στόχους και τα συνθήματα για μηδέν ελαττωματικά προϊόντα
Κανόνας 11: Εξαφανίστε τους αριθμητικούς στόχους
Κανόνας 12: Εξαλείψτε τα εμπόδια που αφαιρούν από τον εργαζόμενο το δικαίωμα να νιώθει υπερήφανος για την δουλειά του
Κανόνας 13: Εφαρμόστε ένα πρόγραμμα συνεχούς ενημέρωσης και εκπαίδευσης για όλους τους εργαζομένους
Κανόνας 14: Δημιουργήστε ένα ανώτατο κλιμάκιο διοίκησης το οποίο θα εργαστεί σθεναρά για την επίτευξη των πρώτων 13 κανόνων

5.2 Οικονομική ανάλυση της ποιότητας

Τόσο σε επιχειρήσεις του ιδιωτικού τομέα όσο και σε αυτές του δημοσίου, το κόστος αποτελεί ένα βασικό είδος πληροφορίας που αξιοποιεί η διοίκηση για τον προγραμματισμό κι έλεγχο κάθε δραστηριότητας. Ο ετήσιος προϋπολογισμός αποτελεί το βασικό μηχανισμό για την επιθυμητή ιεράρχηση των επιχειρηματικών στόχων και η κατανομή του στις διάφορες λειτουργίες και τμήματα εκφράζει τις εκτιμήσεις των αναγκών τους για να διεκπεραιώσουν το έργο που τους έχει ανατεθεί, για προκαθορισμένα επίπεδα ποιότητας στα προϊόντα ή τις υπηρεσίες που παράγουν.

Μέχρι πρόσφατα, η επικρατούσα πρακτική ήταν να μη διαχωρίζεται το κόστος διασφάλισης της επιθυμητής ποιότητας. Το αποτέλεσμα ήταν η διοίκηση να αγνοεί το πραγματικό του μέγεθος και τον τρόπο και το βαθμό συμβολής της κάθε επιχειρησιακής δραστηριότητας στη διαμόρφωσή του. Η όξυνση του διεθνούς ανταγωνισμού και η αυξανόμενη συνειδητοποίηση της στρατηγικής σημασίας της ποιότητας έχουν οδηγήσει πολλές επιχειρήσεις στην αναζήτηση μεθόδων για την πιο συστηματική παρακολούθηση κι ανάλυση του κόστους ποιότητας. Αυτό δημιουργείται από προϊόντα κι υπηρεσίες που δεν ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις των πελατών.

Αποτελεί συχνά οδυνηρή έκπληξη για τη διοίκηση η ανακάλυψη ότι το κόστος ποιότητας είναι ένα σημαντικό ποσοστό των ετήσιων πωλήσεων και ότι περίπου το 25% των εργαζομένων στην επιχείρηση απασχολείται να διορθώσει κάτι που έγινε λάθος την πρώτη φορά.

5.2.1 Ορισμός του κόστους ποιότητας

Το κόστος ποιότητας κατά τον Joseph Juran είναι αυτό που θα απέφυγε η επιχείρηση, αν κάθε προϊόν ή υπηρεσία που προσφέρει και κάθε δραστηριότητα για την παραγωγή και διάθεση τους ή δραστηριότητα υποστήριξης εκτελείται άψογα κάθε φορά την πρώτη φορά.

Συχνά στην πράξη, τα προσφερόμενα στον πελάτη προϊόντα κι υπηρεσίες εμφανίζουν προβλήματα στην ποιότητα και οι δραστηριότητες της επιχείρησης δημιουργούν σπατάλη που επιβαρύνει σημαντικά το κόστος και περιορίζει την ανταγωνιστικότητα της. Αναγνωρίζοντας τη σημασία του κόστους ποιότητας, η διοίκηση μπορεί να σχεδιάσει το κατάλληλο σύστημα παρακολούθησης κι αξιολόγησής του με τρόπο ανάλογο που γίνεται για τις δαπάνες και τα έσοδα που προσδιορίζουν την οικονομική απόδοση της

επιχείρησης. Οι καλά ενημερωμένοι υπεύθυνοι για τη διοίκηση μίας επιχείρησης αναγνωρίζουν σήμερα ότι οι καθιερωμένοι δείκτες οικονομικής απόδοσης εμφανίζουν αρκετή χρονική υστέρηση σε σχέση με ορισμένους βασικούς δείκτες ανταγωνιστικότητας για την αποτελεσματική και έγκαιρη αξιολόγηση της απόδοσης της.

Συνεπώς, η συστηματική παρακολούθηση κι αξιολόγηση του κόστους ποιότητας αποτελεί για τη διοίκηση ένα πολύ χρήσιμο μηχανισμό που προσφέρει δυο σημαντικά πλεονεκτήματα:

1. Την ικανότητα διάγνωσης και ιεράρχησης των προβλημάτων που έχουν σχέση με την ποιότητα, από τον τρόπο που το συνολικό κόστος ποιότητας κατανέμεται σε διαφορετικά προϊόντα, διαδικασίες και δραστηριότητες.
2. Την ικανότητα να καταρτίσει ένα αποτελεσματικό πρόγραμμα για βελτιώσεις στην ποιότητα.

5.2.2 Το υψηλό κόστος της χαμηλής ποιότητας

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα εμπειρικών ερευνών που έγιναν από το Ομοσπονδιακό Γραφείο Υποθέσεων Καταναλωτών στις ΗΠΑ (U.S Office of Consumers Affairs, USOCA) και την Εταιρεία PIMS, προκειμένου να εκτιμηθεί το κόστος χαμηλής ποιότητας, διαπιστώθηκαν τα ακόλουθα:

1. Περίπου η μία στις τέσσερις συναλλαγές δημιουργεί κάποιο πρόβλημα ποιότητας με τον πελάτη.
2. Το κόστος του να μην εξυπηρετείται ικανοποιητικά ο πελάτης την πρώτη φορά με το προσφερόμενο προϊόν ή υπηρεσία εκτιμάται ότι αντιστοιχεί στο 20-50% των λειτουργικών δαπανών της επιχείρησης.
3. Περίπου το 70-90% των πελατών με κάποιο πρόβλημα ποιότητας στην εξυπηρέτησή τους δεν παραπονιέται στην επιχείρηση. Συνεπώς, για κάθε παραπονούμενο πελάτη αντιστοιχούν τρεις άλλοι δυσαρεστημένοι πελάτες που δεν ακούγονται.
4. Ο μέσος πελάτης που έχει κάποιο σοβαρό πρόβλημα με την ποιότητα υπηρεσιών που του προσφέρει μια επιχείρηση θα συζητήσει για τις αρνητικές εμπειρίες του με άλλους εννέα πιθανούς πελάτες. Αντίθετα, πελάτες με άριστες εντυπώσεις για την εξυπηρέτησή τους θα το σχολιάσουν μόνο με τρεις ή τέσσερις άλλους.

5. Η συντριπτική πλειοψηφία των πελατών, που δεν παραπονούνται για τα προβλήματα ποιότητας που είχαν, δεν επιστρέφει στην ίδια επιχείρηση για άλλες συναλλαγές.
6. Το κόστος προσέλευσης ενός νέου πελάτη είναι πέντε φορές μεγαλύτερο από το κόστος διατήρησης ενός ικανοποιημένου πελάτη.
7. Η αύξηση του ποσοστού διατήρησης της πελατείας που έχει μια επιχείρηση ακόμα και κατά πέντε τοις εκατό αυξάνει τα κέρδη της κατά 25-85%.
8. Για τους πελάτες που διατύπωσαν τα παράπονα τους στην επιχείρηση για την ποιότητα των προϊόντων ή υπηρεσιών που τους παρασχέθηκαν, ο τρόπος με τον οποίο η επιχείρηση τους αντιμετωπίζει επηρεάζει καθοριστικά την μελλοντική συμπεριφορά τους, δηλαδή:
 - α. Στην περίπτωση κακής αντιμετώπισης των παραπόνων, το 83% των δυσαρεστημένων πελατών επιλέγει άλλη επιχείρηση στην επόμενη αγορά.
 - β. Σε περίπτωση καλής αντιμετώπισης των δυσαρεστημένων πελατών, το 70-90% προτιμά να συνεχίσει και σε μελλοντικές αγορές τη σχέση του με την ίδια επιχείρηση.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι το 60-70% του συνόλου των πελατών που είναι δυσαρεστημένοι με την ποιότητα των παρεχόμενων προϊόντων κι υπηρεσιών, δεν επιστρέφει για άλλες συναλλαγές στην ίδια επιχείρηση.

9. Η επιχείρηση που παρέχει κακή ποιότητα χάνει από την προφορική γνωστοποίηση των κακών εντυπώσεων των δυσαρεστημένων πελατών της προς τρίτους, ένα νέο πελάτη για κάθε 50 δυσαρεστημένους πελάτες.
10. Η δυσαρέσκεια ενός πελάτη για την ποιότητα ενός είδους προϊόντος ή εξυπηρέτησης μιας επιχείρησης, επιδρά αρνητικά και στην αξιολόγηση του για την αναμενόμενη ποιότητα των άλλων προϊόντων κι υπηρεσιών της ίδιας επιχείρησης.

Από εμπειρικές μελέτες προέκυψε ότι υπάρχει σύγκλιση των εκτιμήσεων ότι το κόστος που έχει σχέση με την ποιότητα ανέρχεται σε 25-30% των πωλήσεων.

Το κόστος αυτό δημιουργείται :

- (1) από δραστηριότητες για την αποφυγή, δηλαδή την πρόληψη, ελαττωματικών, για την αξιολόγηση της ποιότητας σε διάφορες φάσεις της παραγωγής και

(2) από το κόστος που έχει σχέση με τα ελαττωματικά. Θεωρούμε ότι ένα προϊόν είναι ελαττωματικό όταν ένα ή περισσότερα από τα χαρακτηριστικά του που προσδιορίζουν την ποιότητα δεν είναι μέσα στα όρια που προβλέπουν οι προδιαγραφές του. Το ίδιο ισχύει και για κάθε πελάτη στην περίπτωση παροχής υπηρεσιών, δηλαδή τα χαρακτηριστικά του που προσδιορίζουν την ποιότητα δεν είναι μέσα στα όρια που προβλέπουν οι προδιαγραφές του. Το ίδιο ισχύει και για κάθε πελάτη στην περίπτωση παροχής υπηρεσιών, δηλαδή τα χαρακτηριστικά για την ποιότητα εξυπηρέτησης του.

Η βελτίωση της ποιότητας μεταφράζεται αυτομάτως σε μείωση του ποσοστού των ελαττωματικών. Τούτο έχει ως αποτέλεσμα την άμεση αύξηση της παραγωγικότητας. Για την ίδια ποσότητα τελικού προϊόντος, η επιχείρηση έχει χρησιμοποιήσει λιγότερες ποσότητες υλικών, λιγότερες ώρες εργασίας και μηχανών, λιγότερη ενέργεια κ.ά. Επιπλέον, η μείωση των ελαττωματικών συνοδεύεται κι από μια σειρά άλλων επιπτώσεων που αυξάνουν έμμεσα την παραγωγικότητα. Αυτές συνδέονται με τον περιορισμό της προσπάθειας για τον έλεγχο της ποιότητας, με τον περιορισμό της προσπάθειας για τον έλεγχο της ποιότητας, με τον περιορισμό των αναγκαίων αποθεμάτων μεταξύ διαδοχικών θέσεων εργασίας κ.π.

Κάθε αύξηση της παραγωγικότητας προκαλεί τη μείωση του κόστους παραγωγής και συνεπώς αυξάνει το περιθώριο κέρδους ανά μονάδα προϊόντος. Στη μείωση του κόστους παραγωγής μπορούμε συχνά να προσθέσουμε και τη μείωση του κόστους από τη δημιουργία ελαττωματικών μέσα κι έξω από την επιχείρηση.

5.2.3 Ανάλυση του κόστους ποιότητας

Από τη συστηματική ανάλυση του κόστους ποιότητας προκύπτει ότι το συνολικό κόστος ποιότητας είναι το άθροισμα του κόστους για την αποφυγή ελαττωματικών πριν από την παραγωγή και του κόστους που δημιουργείται όταν παράγονται ελαττωματικά.

1. Το κόστος αποφυγής ελαττωματικών μπορεί να διακριθεί σε δύο κατηγορίες:
 - Το κόστος πρόληψης ελαττωματικών καλύπτει όλες τις δραστηριότητες της επιχείρησης που έχουν σκοπό να

περιορίσουν ή να εξουδετερώσουν κάθε αίτιο κακής ποιότητας. Ενδεικτικά αναφέρονται οι δραστηριότητες σχεδιασμού προϊόντων και διαδικασιών, η εκπαίδευση εργαζομένων, η συλλογή κι ανάλυση στοιχείων, οι μελέτες για τη βελτίωση της ποιότητας κ.λπ.

- Το κόστος αξιολόγησης της ποιότητας δημιουργείται από το σύνολο των δραστηριοτήτων που εκτελούνται σε διάφορα τμήματα ή σε διαδοχικές φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας για να ελεγχθεί η ποιότητα σε εισαγόμενες παρτίδες από τρίτους ή σε μονάδες της δικής μας παραγωγής. Το κόστος αξιολόγησης καλύπτει επίσης και το κόστος λειτουργίας και περιοδικής ρύθμισης διαδικασιών και εξοπλισμού για τον έλεγχο της ποιότητας.

2. Το κόστος ελαττωματικών μπορεί κι αυτό να διακριθεί σε δύο κατηγορίες:

- Το εσωτερικό κόστος ελαττωματικών περιλαμβάνει το κόστος που δημιουργείται από την παραγωγή ελαττωματικών, όσο αυτά είναι ακόμα μέσα στην επιχείρηση. Στην κατηγορία αυτή έχουμε το κόστος από άχρηστα προϊόντα, το κόστος επιδιόρθωσης ελαττωματικών, το κόστος επαναληπτικών ελέγχων των επιδιορθωμένων κ.λπ.
- Το εξωτερικό κόστος ελαττωματικών καλύπτει το κόστος που δημιουργείται όταν ελαττωματικές μονάδες του προϊόντος φθάνουν στην αγορά και πωλούνται σε πελάτες της επιχείρησης. Για παράδειγμα το κόστος για υλικά, εργασία κ.ά που καλύπτει η εγγύηση, το κόστος από την επιστροφή ελαττωματικών στην επιχείρηση, το κόστος αντιμετώπισης παραπόνων κ.ά.

5.3 Έλεγχος ποιότητας

5.3.1 Γενικά

Στη διάρκεια του σχεδιασμού ποιότητας ενός προϊόντος είναι σκόπιμο να εξετάζονται παράλληλα και ορισμένα θέματα που αφορούν τον έλεγχο της ποιότητας πριν και μετά την παραγωγή. Με το σχεδιασμό της ποιότητας προσδιορίζονται τα επιθυμητά χαρακτηριστικά (1) του προϊόντος, ώστε να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις των αγοραστών και (2) της διαδικασίας παραγωγής, ώστε αυτή να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις του προϊόντος. Τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του προϊόντος και της διαδικασίας αποτελούν τους στόχους ποιότητας και περιγράφονται με τις γενικές και τεχνικές προδιαγραφές.

Μετά την έναρξη λειτουργίας της, η παραγωγική διαδικασία που έχει σχεδιασθεί έτσι ώστε να ικανοποιεί τους στόχους ποιότητας δεν παραμένει στην ίδια κατάσταση συνεχώς. Διάφορες μεταβολές στις συνθήκες λειτουργίας επηρεάζουν αρνητικά την ικανότητα της διαδικασίας να πετύχει στους στόχους για την ποιότητα του προϊόντος. Αυτό έχει ως συνέπεια την παραγωγή μονάδων του προϊόντος που δεν ικανοποιούν τις προδιαγραφές και για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως ελαττωματικά ή «αστοχίες».

5.3.2 Περιγραφή βασικού μηχανισμού ελέγχου

Στη φάση του ελέγχου ποιότητας το ζητούμενο είναι αν τηρούνται ή όχι οι προδιαγραφές που εκφράζουν τους στόχους ποιότητας. Όταν παρατηρούνται σημαντικές αποκλίσεις κρίνεται σκόπιμη η διακοπή της λειτουργίας της διαδικασίας, ώστε να εντοπισθούν τα αίτια που τις προκαλούν. Η άσκηση του ελέγχου ποιότητας γίνεται με τη βοήθεια του κατάλληλου συστήματος. Στην απλούστερη μορφή του, κάθε σύστημα ελέγχου αποτελείται από τα στοιχεία που περιγράφονται στον παρακάτω Πίνακα.

Για ένα σύστημα ελέγχου ποιότητας, η αντιστοιχία με τα παραπάνω χαρακτηριστικά του γενικού συστήματος ελέγχου είναι η εξής :

Στοιχείο	Σύστημα ελέγχου ποιότητας
Αισθητήρας	- Αισθήσεις εργαζομένου -Όργανα μέτρησης για διάφορα χαρακτηριστικά (για τη συγκέντρωση πληροφοριών με άμεση παρατήρηση ή μετρήσεις)
Στόχοι	-Προδιαγραφές για τα επιθυμητά χαρακτηριστικά ποιότητας του προϊόντος και της διαδικασίας
Κριτής	-Ο εργαζόμενος, ο ελεγκτής, ο μάνατζερ που συγκρίνει τις πραγματικές τιμές των χαρακτηριστικών ποιότητας με τις προδιαγραφές
Διορθωτής	-Ο ίδιος ο εργαζόμενος που λειτουργεί και ως αισθητήρας, ο υπεύθυνος για επισκευές και συντήρηση, ο μάνατζερ ή οποιοσδήποτε άλλος έχει την ευθύνη επαναφέρει τη διαδικασία σε ομαλή κατάσταση λειτουργίας

Στην παραπάνω περιγραφή των βασικών στοιχείων ενός συστήματος ελέγχου ποιότητας, το είδος του κατάλληλου αισθητήρα, του κριτή και του διορθωτή διαφέρουν ανάλογα με την δραστηριότητα και είναι διαφορετικά για τους εργαζόμενους σε σύγκριση με τα διοικητικά στελέχη. Σε κάθε επίπεδο της διοίκησης όμως και σε κάθε δραστηριότητα η ροή των ενεργειών για την ολοκλήρωση του βασικού κύκλου ανατροφοδότησης παραμένει η ίδια.

Για την ομαλή κι αποτελεσματική λειτουργία του συστήματος ελέγχου ποιότητας, τόσο για τα διοικητικά στελέχη όσο και για τους εργαζόμενους, είναι απαραίτητο να ικανοποιούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις:

1.Δυνατότητα γνώσης των στόχων ποιότητας

Για τον σκοπό αυτό χρειάζεται αποτελεσματική επικοινωνία της διοίκησης με τα στελέχη και τους εργαζόμενους για τους επιδιωκόμενους στόχους και τις προδιαγραφές ποιότητας. Η επικοινωνία αυτή γίνεται με τη δημοσίευση των παραπάνω σε μορφή κατανοητών εγχειριδίων και με τη συχνή ενημέρωσή τους. Τούτο είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιπτώσεις μετέπειτα αλλαγών.

2.Δυνατότητα γνώσης της ικανότητας και απόδοσης της διαδικασίας

Τούτο απαιτεί ένα αποτελεσματικό σύστημα μέτρησης που διακρίνεται για την ακρίβεια, την αξιοπιστία και την αντικειμενικότητα του, διευκολύνοντας

έτσι την αποδοχή του από τους χρήστες. Παράλληλα, χρειάζεται η ικανότητα ερμηνείας των σχετικών μετρήσεων από τους υπεύθυνους.

3. Δυνατότητα προσαρμογής της λειτουργίας της διαδικασίας, όταν η απόδοση της δεν είναι μέσα στα όρια που προβλέπουν οι στόχοι ποιότητας

Για τον σκοπό αυτό απαιτείται μια διαδικασία ικανή να πετύχει τους στόχους ποιότητας με χαρακτηριστικά τέτοια που οι εργαζόμενοι να μπορούν να προσαρμόσουν έγκαιρα την απόδοση της στα επιθυμητά επίπεδα.

4. Ανάθεση ευθύνης που εναρμονίζεται με την αντίστοιχη εκχώρηση αρμοδιότητας στους υπευθύνους για την άσκηση ελέγχου

Αυτό σημαίνει ότι δεν μπορεί να είναι κάποιος υπεύθυνος για την ικανοποίηση ενός στόχου ποιότητας, αν δεν του έχει δοθεί και η αντίστοιχη αρμοδιότητα, οι γνώσεις και τα μέσα για να την ελέγχει. Αυτό αντιστοιχεί με την έννοια της «ιδιοκτησίας» της υπό έλεγχο δραστηριότητα ή διαδικασίας από τον υπεύθυνο γι' αυτήν.

Ο αυτοέλεγχος θεωρείται σήμερα ο πιο αποτελεσματικός τρόπος ελέγχου, διότι είναι σε αρμονία με ορισμένα βασικά ένστικτα που ρυθμίζουν την ανθρώπινη συμπεριφορά. Τούτο είναι εφικτό μόνο με την ικανοποίηση των παραπάνω προϋποθέσεων.

Το σύστημα ελέγχου ποιότητας λειτουργεί με μία πολιτική που καθορίζει τα βασικά στοιχεία της διαδικασίας ελέγχου, δηλαδή το τι θα ελέγξουμε, πώς, πότε και πού. Η αποτελεσματική άσκηση ελέγχου ποιότητας δεν βοηθά μόνο στην τήρηση των προδιαγραφών, αλλά συμβάλλει και στην αποκάλυψη των αιτιών κακής ποιότητας. Συνεπώς, ο αποτελεσματικός έλεγχος της ποιότητας αποτελεί τη βασική προϋπόθεση για την βελτίωση της.

5.3.3 Σύστημα ελέγχου ποιότητας

Η σχεδίαση ενός συστήματος ελέγχου ποιότητας απαιτεί να προσδιορίσουμε τα χαρακτηριστικά λειτουργίας του και τον τρόπο που αυτή αξιολογείται.

Ειδικότερα μας ενδιαφέρουν τα εξής:

1. Οι δυνατοί τρόποι παρέμβασης εργαζομένων και διοίκησης για τη διασφάλιση της ποιότητας.
2. Οι απαραίτητες πληροφορίες που χρειάζεται το σύστημα ελέγχου.

3. Οι αποφάσεις της διοίκησης και των τεχνικών για τον τρόπο άσκησης του ελέγχου ποιότητας, δηλαδή η πολιτική ελέγχου.
4. Οι περιορισμοί με τους οποίους πρέπει να λειτουργήσει το σύστημα ελέγχου.
5. Το κριτήριο με το οποίο αξιολογείται η αποτελεσματικότητα του ελέγχου.

Τρόποι Παρέμβασης για τη Διασφάλιση Ποιότητας

Ένα σύστημα ελέγχου ποιότητας έχει δύο τρόπους που μπορεί να παρέμβει για τη διασφάλιση της τήρησης των προδιαγραφών που εκφράζουν τους στόχους ποιότητας.

1. Ο άμεσος έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας: Ο τρόπος αυτός είναι εφικτός όταν υπάρχει η δυνατότητα για άμεση παρακολούθηση και άμεσο έλεγχο της διαδικασίας που παράγει το προϊόν. Ανάλογα με το αποτέλεσμα ελέγχου του συνόλου, δηλαδή του 100% της παραγωγής ή ενός αντιπροσωπευτικού δείγματος, η διοίκηση αποφασίζει αν θα επιτρέψει τη συνέχιση της παραγωγής ή θα την διακόψει.
2. Ο δειγματοληπτικός έλεγχος αποδοχής: Στην περίπτωση που δεν είναι εφικτός ή οικονομικά σκόπιμος ο άμεσος έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας, π.χ για ορισμένα εξαρτήματα που αγοράζονται από τρίτους, το μόνο που απομένει είναι η αποδοχή ή απόρριψη παρτίδων από υλικά, εξαρτήματα κ.λ.π., πριν προχωρήσουν και χρησιμοποιηθούν σε επόμενες φάσεις της παραγωγής.

Οι έντονες ανταγωνιστικές πιέσεις για δραστικές βελτιώσεις στην ποιότητα έχουν συμβάλει στην προτίμηση της μεθόδου για άμεσο έλεγχο της παραγωγικής διαδικασίας. Στις περιπτώσεις που δεν είναι εφικτή από την επιχείρηση που παράγει ένα προϊόν, π.χ για εξαρτήματα που αγοράζει από τρίτους, η τάση σήμερα είναι να ενθαρρύνεται ή ακόμα και να υποχρεώνεται ο κάθε προμηθευτής να ελέγχει ο ίδιος στις εγκαταστάσεις του την ποιότητα πριν από την αποστολή παρτίδων σε πελάτες του. Έτσι αξιολογούνται οι διάφοροι προμηθευτές πιο άμεσα για την παρεχόμενη ποιότητα και απορρίπτονται, αν δεν είναι σε θέση ή δεν έχουν την προθυμία να συμμορφωθούν στις απαιτήσεις πελατών τους για υψηλή ποιότητα.

Αναγκαίες Πληροφορίες Για Σύστημα Ελέγχου Ποιότητας

Για να είναι αποτελεσματική μία παρέμβαση, το σύστημα ελέγχου χρειάζεται να έχει ορισμένες πληροφορίες με βάση τις οποίες θα μπορεί να κάνει τις απαραίτητες αξιολογήσεις. Οι πληροφορίες αυτές είναι είτε για την τρέχουσα παραγωγή είτε για παρτίδες που έχουν υποβληθεί για έλεγχο.

Πρώτον, χρειάζεται να είναι γνωστές οι τεχνικές προδιαγραφές των προϊόντων ή υπηρεσιών, όπως αυτές διαμορφώθηκαν στην προηγούμενη φάση σχεδιασμού του προϊόντος. Οι τεχνικές προδιαγραφές καθορίζουν όχι μόνο τις ιδανικές τιμές για τα κρίσιμα χαρακτηριστικά του προϊόντος που εκφράζουν και τους στόχους ποιότητας, αλλά και τις επιτρεπτές αποκλίσεις ή ανοχές.

Δεύτερον, είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την ικανότητα της διαδικασίας παραγωγής. Αυτή προσδιορίζεται από την ικανότητα των εργαζομένων και του εξοπλισμού, από τις χρησιμοποιούμενες μεθόδους και από την ποιότητα των υλικών. Με στατιστικές μεθόδους που εφαρμόζονται εύκολα από εμπορικά προγράμματα λογισμικού, η ικανότητα μιας διαδικασίας προσδιορίζεται και παρακολουθείται διαχρονικά με ανάλογους δείκτες.

Αποφάσεις για τον Έλεγχο Ποιότητας

Οι αποφάσεις της διοίκησης για την λειτουργία ενός συστήματος ελέγχου ποιότητας επιδιώκουν να δώσουν απαντήσεις στα ακόλουθα ερωτήματα:

1. Τι θα ελέγχουμε; Δηλαδή ποια από τα πολλά χαρακτηριστικά του προϊόντος και της διαδικασίας θα παρακολουθούνται για έλεγχο?

Εδώ η διοίκηση επιλέγει τα χαρακτηριστικά εκείνα που είναι κρίσιμα για να λειτουργήσει ικανοποιητικά το προϊόν στη κάλυψη των αναγκών για τις οποίες αγοράζεται.

2. Ποιοι θα είναι οι στόχοι ποιότητας;

Για κάθε χαρακτηριστικό του προϊόντος ή της διαδικασίας που γίνεται αντικείμενο ελέγχου είναι απαραίτητο να προσδιορίσουμε τον αντίστοιχο στόχο ποιότητας. Αυτός εκφράζει το στόχο στον οποίο επικεντρώνεται κάθε προσπάθεια για τη διασφάλιση ανταγωνιστικού πλεονεκτήματος με βάση την υπεροχή στην ποιότητα.

Η διατύπωση των στόχων ποιότητας ποικίλλει ανάλογα με το επίπεδο στην επιχείρηση στο οποίο αναφέρεται. Για τα χαρακτηριστικά προϊόντων και

διαδικασιών, η διαμόρφωση των στόχων ποιότητας στηρίζεται κυρίως σε αντικειμενικά δεδομένα και απορρέουν από την τεχνική ανάλυση τους.

Κριτήρια για την αποδοχή στόχων ποιότητας

Η αποδοχή των στόχων ποιότητας για κρίσιμα χαρακτηριστικά του προϊόντος ή της διαδικασίας προϋποθέτει ότι οι στόχοι ικανοποιούν τα εξής κριτήρια καταλληλότητας:

α. Οι στόχοι ποιότητας πρέπει να είναι νόμιμοι: Αυτό εξασφαλίζεται με την επίσημη δημοσιοποίηση τους από τη διοίκηση και αποφεύγει την αμφισβήτηση τους από τα διοικητικά στελέχη και τους εργαζόμενους της επιχείρησης.

β. Οι στόχοι ποιότητας πρέπει να είναι μετρήσιμοι: Η ικανότητα αντικειμενικής μέτρησης των χαρακτηριστικών ποιότητας επιτρέπει την επικοινωνία με ακρίβεια των στόχων ποιότητας και του βαθμού που η πραγματική απόδοση σε δεδομένη χρονική περίοδο τους πετυχαίνει.

γ. Οι στόχοι ποιότητας πρέπει να είναι εφικτοί: Οι στόχοι ποιότητας πρέπει να γίνεται αντιληπτό ότι είναι πραγματοποιήσιμοι από τους εργαζόμενους με τα διαθέσιμα μέσα, διαφορετική η αντίληψη τους για το αντίθετο τους αποτρέπει από το να καταβάλουν την απαραίτητη προσπάθεια.

δ. Οι στόχοι ποιότητας πρέπει να είναι δίκαιοι: Αυτό σημαίνει ότι οι στόχοι διαμορφώνονται έτσι ώστε όλοι οι εργαζόμενοι ή οι ομάδες εργαζομένων να έχουν τις ίδιες περίπου πιθανότητες να τους πετύχουν.

3. Πως θα γίνεται ο έλεγχος σε ό,τι αφορά τον τρόπο μέτρησης ενός χαρακτηριστικού που είναι κρίσιμο για την ποιότητα;

Για μερικά μεγέθη είναι σκόπιμο να έχουμε λεπτομερείς μετρήσεις σε κάποια συνεχή κλίμακα. Υπάρχουν όμως πολλές περιπτώσεις που η μέτρηση είναι προτιμότερο να μας πληροφορεί απλώς αν το είδος είναι κατάλληλο ή όχι για την αναμενόμενη χρήση. Τότε αρκεί η ταξινόμηση του ως καλό ή ελαττωματικό.

4. Πότε θα γίνεται ο έλεγχος;

Εδώ μας ενδιαφέρει να προσδιορίσουμε σε ποιο στάδιο ή σε ποια σημεία της παραγωγικής διαδικασίας είναι εφικτό και σκόπιμο να γίνεται ο έλεγχος της ποιότητας. Οι επιλογές της διοίκησης είναι συνήθως οι ακόλουθες:

α. Έλεγχος πριν από την έναρξη της παραγωγής (off-line): Στην περίπτωση αυτή καταβάλλεται προσπάθεια, με τη χρήση στατιστικών πειραμάτων ή με

την τεχνική της προσομοίωσης, να προσδιοριστούν οι τιμές για τις πιο κρίσιμες παραμέτρους του προϊόντος ή της διαδικασίας που ελαχιστοποιούν το ποσοστό των ελαττωματικών. Αυτό γίνεται στο στάδιο σχεδίασης του προϊόντος και της διαδικασίας, ώστε να περιορίσει προληπτικά όσο περισσότερα από τα αίτια που αναμένεται ότι θα δημιουργήσουν ελαττωματικά προϊόντα.

β. Έλεγχος στη διάρκεια της παραγωγής (on-line): Στην περίπτωση αυτή τα χαρακτηριστικά του προϊόντος και της διαδικασίας είναι δεδομένα. Με κατάλληλες μετρήσεις των χαρακτηριστικών ποιότητας, για κάθε μονάδα του προϊόντος ατομικά ή για δείγματα από την τρέχουσα παραγωγή, η διοίκηση παρακολουθεί τις διακυμάνσεις που δείχνουν αν η διαδικασία διατηρείται σε κατάσταση σταθερότητας ή όχι. Όταν οι εμφανιζόμενες αποκλίσεις κρίνονται υπερβολικές, τότε το συμπέρασμα είναι ότι ορισμένα ειδικά αίτια έχουν ανατρέψει τη σταθερότητα της διαδικασίας, η οποία διακόπτεται για έλεγχο.

γ. Έλεγχος μετά την ολοκλήρωση της παραγωγής : Για ορισμένα υλικά ή εξαρτήματα που η επιχείρηση προμηθεύεται από τρίτους δεν είναι εφικτός ο έλεγχος της παραγωγής. Η μονή επιλογή τότε είναι ο έλεγχος της ποιότητας με δειγματοληψία, ιδιαίτερα στην περίπτωση νέων προμηθευτών, ώστε να αποφασισθεί αν μία παρτίδα θα γίνει αποδεκτή ή όχι.

Η τελική επιλογή είναι από την μια πλευρά τεχνική και από την άλλη οικονομική. Σε επιχειρήσεις που έχουν τη δυνατότητα, η τάση σήμερα είναι να αυξάνουν την προσπάθεια για τον έλεγχο πριν προχωρήσουν στην παραγωγή. Αυτό απαιτεί συνήθως ειδικές γνώσεις, χρήμα και χρόνο. Όταν αυτό δεν είναι σκόπιμο ή εφικτό, η αμέσως καλύτερη λύση είναι ο άμεσος έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας. Στην περίπτωση αυτή είναι αναγκαίο να εξετασθεί προσεκτικά σε ποια σημεία της διαδικασίας πρέπει να γίνει ο έλεγχος ποιότητας. Κι εδώ το πρόβλημα έχει την οικονομική και την τεχνική του πλευρά.

5. Πού θα γίνει ο έλεγχος;

Εδώ εξετάζουμε τη σκοπιμότητα ο έλεγχος να γίνει στη θέση που γίνεται μία επεξεργασία, σε κάποιο εσωτερικό τμήμα ελέγχου ποιότητας ή σε ορισμένα εξωτερικά εργαστήρια με αυξημένο κύρος.

6. Το κριτήριο απόδοσης του συστήματος ελέγχου ποιότητας.

Για το μεγαλύτερο αριθμό επιχειρήσεων το πιο κατάλληλο κριτήριο απόδοσης για το σύστημα ελέγχου ποιότητας είναι το κόστος που δημιουργείται από την κακή ποιότητα προϊόντων και διαδικασιών.

5.3.4 Οργάνωση και ανάθεση ευθύνης ελέγχου

Η ανάθεση της ευθύνης για τον έλεγχο ποιότητας εξαρτάται από το χαρακτηριστικό που ελέγχεται και από το χρόνο που χρειάζεται η κατάλληλη παρέμβαση σε περίπτωση σοβαρών αποκλίσεων. Κι εδώ διακρίνουμε μια ιεράρχηση των αποφάσεων ελέγχου στις ολιγάριθμες αλλά πολύ σημαντικές που αποτελούν την ευθύνη της ανώτατης διοίκησης και τις πολυάριθμες με περιορισμένες συνέπειες που αποτελούν ευθύνη των εργαζομένων, των εργοδηγών κι άλλων στελεχών.

Αυτόματος Έλεγχος Ποιότητας

Στο βαθμό που τούτο είναι εφικτό, ο μεγαλύτερος δυνατός αριθμός ελέγχων ποιότητας στις διάφορες φάσεις της παραγωγικής διαδικασίας πρέπει να γίνεται από ιδιοσυσκευές που είναι προσαρτημένες στις μηχανές παραγωγής. Όσο πιο αυτοματοποιημένες είναι οι μηχανές τόσο πιο εύκολα γίνονται οι σχετικοί έλεγχοι, ώστε να διακόπτεται η λειτουργία τους και να περιορίζεται στο ελάχιστο η παραγωγή ελαττωματικών. Ακόμα όμως και απλές μηχανές γενικής χρήσεως μπορούν να λειτουργήσουν με ιδιοσυσκευές του τύπου «περνά-δεν περνά» για τον έλεγχο κρίσιμων χαρακτηριστικών.

Έλεγχος Ποιότητας από Εργαζόμενους

Όπου δεν είναι τεχνικά εφικτή ή οικονομική η χρήση αυτομάτου ελέγχου της ποιότητας είναι αναγκαία η παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα. Στις διάφορες θέσεις εργασίας της παραγωγικής διαδικασίας ο καλύτερος τρόπος ελέγχου είναι με την παρέμβαση του χειριστή της μηχανής. Η αποτελεσματικότητα του τρόπου αυτού εξαρτάται από το βαθμό που η διοίκηση έχει διαμορφώσει τις κατάλληλες συνθήκες με ισχυρά κίνητρα, επαρκή εκπαίδευση και οργάνωση που δίνει στον εργαζόμενο την ευθύνη για την ποιότητα των προϊόντων που παράγει. Πολλές εμπειρικές μελέτες έχουν δείξει ότι στο επίπεδο των θέσεων εργασίας της παραγωγής, η αναλογία αποφάσεων που οδηγούν σε ελαττωματικά και ελέγχονται από τη διοίκηση σε σχέση με αυτές που ελέγχονται από τους εργαζομένους είναι 80 προς 20!

Συνεπώς, ανεξάρτητα από το πόσο αποτελεσματικά μπορεί να είναι τα κίνητρα για τους εργαζομένους απαιτείται και η κατάλληλη οργάνωση που δίνει στους τελευταίους την ευθύνη για τις αποφάσεις με τις οποίες ασκείται ο έλεγχος για την ποιότητα. Αν ο χειριστής της μηχανής στην τρίτη θέση εργασίας διαπιστώνει ότι τα ημικατεργασμένα προϊόντα που παίρνει από τη δεύτερη θέση είναι ελαττωματικά και δεν έχει την αρμοδιότητα να διακόψει τη γραμμή παραγωγής και να αξιολογήσει τι συμβαίνει, η διαδικασία παραγωγής εξακολουθεί να παράγει ελαττωματικά.

Έλεγχος Ποιότητας από την Ανώτατη Διοίκηση

Ο έλεγχος ποιότητας από την ανώτατη διοίκηση αναγκαστικά περιορίζεται στις στρατηγικές διαστάσεις του προβλήματος. Για παράδειγμα, είναι απαραίτητο να γίνονται περιοδικά συγκρίσεις για δείκτες ποιότητας των προϊόντων της επιχείρησης με τους κύριους ανταγωνιστές του κλάδου και να αξιολογούνται οι παρατηρούμενες σημαντικές αποκλίσεις.

Με βάση τις παραπάνω συγκρίσεις, η ανώτατη διοίκηση παίρνει ορισμένες αποφάσεις σε σχέση με τους στόχους ποιότητας και την ανάγκη ανάπτυξης του συστήματος ελέγχου ποιότητας που θα διασφαλίσει την ικανοποίησή τους, χωρίς να θυσιάσουν άλλοι στόχοι ζωτικοί για την επιβίωση της επιχείρησης, όπως η παραγωγικότητα, η αποδοτικότητα, τα κέρδη κ.ά.

5.3.5 Έλεγχος παραγωγικής διαδικασίας

Η πιο διαδεδομένη προσέγγιση για τον έλεγχο της ποιότητας σε υπάρχουσα διαδικασία είναι ο στατιστικός έλεγχος διαδικασιών (Statistical Process Control).

Ο έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας παρέχει πληροφορίες για το αν ικανοποιούνται ή όχι οι προδιαγραφές που εκφράζουν τους στόχους ποιότητας. Είναι συνεπώς απαραίτητο να έχουμε τις κατάλληλες μετρήσεις για τα κρίσιμα χαρακτηριστικά σε διαφορετικές μονάδες του προϊόντος. Από τις μετρήσεις αυτές γίνεται η ανάλυση της ποιότητας τόσο του προϊόντος όσο και της παραγωγικής διαδικασίας.

Τα κυριότερα «εργαλεία» στην ανάλυση μίας διαδικασίας είναι διάφορα διαγράμματα που απεικονίζουν τα χαρακτηριστικά του τρόπου λειτουργίας της. Ανάλογα με τη φάση ωρίμανσης της παραγωγικής διαδικασίας και το

κόστος ελέγχου ποιότητας ανά μονάδα προϊόντος, ο έλεγχος της παραγωγής μπορεί να γίνει ως εξής:

1. Με μετρήσεις και απεικόνιση των αποτελεσμάτων για ατομικές μονάδες του προϊόντος.
2. Με μετρήσεις και απεικόνιση των αποτελεσμάτων για μικρά δείγματα της τρέχουσας παραγωγής.
3. Με συνδυασμό των (1) και (2).

5.4 Στατιστικός έλεγχος ποιότητας

Εξετάζοντας την πρακτική πλευρά της ποιότητας, εάν κάποιο προϊόν αναμένεται να ικανοποιεί συνεχώς ή ακόμη και να ξεπερνάει τις προσδοκίες των καταναλωτών, τότε αυτό θα πρέπει να παράγεται μέσα από σταθερές και επαναλαμβανόμενες διαδικασίες. Πιο συγκεκριμένα οι παραγωγικές διαδικασίες θα πρέπει να έχουν πολύ μικρή μεταβλητότητα γύρω από τις ονομαστικές διαστάσεις ή τα χαρακτηριστικά ποιότητας του προϊόντος που παράγεται.

Όλες οι διαδικασίες μπορούν να παρακολουθούνται και να τεθούν «υπό έλεγχο», συγκεντρώνοντας και χρησιμοποιώντας δεδομένα που αφορούν σε μετρήσεις των επιδόσεων της διαδικασίας και στοιχεία που απαιτούνται για διορθωτικές ενέργειες, όπου αυτό είναι απαραίτητο.

Ο Στατιστικός Έλεγχος Διαδικασιών είναι μια συλλογή από πανίσχυρα εργαλεία, χρήσιμα για τον εντοπισμό των ειδικών αιτιών που ευθύνονται για την μεταβλητότητα μιας παραγωγικής διεργασίας. Επιπλέον τα εργαλεία αυτά παρέχουν τη δυνατότητα προσδιορισμού της «ικανότητας» μιας διαδικασίας να παράγει σύμφωνα με τις απαιτούμενες προδιαγραφές. Ο στατιστικός έλεγχος διαδικασιών χρειάζεται ένα περιβάλλον μέσα στο οποίο όλοι οι εμπλεκόμενοι όπως εργάτες, υπεύθυνοι ποιότητας, μηχανικοί και διοίκηση, αναγνωρίζουν την ανάγκη για συνεχή βελτίωση της ποιότητας και παραγωγικότητας. Μέσα σε ένα τέτοιο περιβάλλον η εφαρμογή εργαλείων στατιστικού ελέγχου διεργασίας είναι υπόθεση καθημερινής ρουτίνας.

5.4.1 Βασικά εργαλεία

Στο στατιστικό έλεγχο ποιότητας η πληροφορία και οι αριθμοί είναι αυτό που θα καθορίσει τις αποφάσεις και τις ενέργειες επομένως είναι απαραίτητο να γίνει πλήρης καταγραφή των δεδομένων του συστήματος. Μεγάλη βοήθεια προσφέρει η ύπαρξη κάποιων εργαλείων που μπορούν να εφαρμοστούν ώστε να ερμηνεύσουν πλήρως και να αντλήσουν τη μεγαλύτερη δυνατή χρηστικότητα των δεδομένων.

Οι απλές μέθοδοι που αναφέρονται παρακάτω θα προσφέρουν σε οποιοδήποτε οργανισμό τρόπους για την συλλογή, παρουσίαση και ανάλυση του μεγαλύτερου μέρους των δεδομένων του.

Τα κυριότερα εργαλεία γνωστά και ως “the magnificent seven” είναι τα εξής:

1 Το Ιστόγραμμα (Histogram)

Το **ιστόγραμμα** αποτελεί τη γραφική απεικόνιση ενός πίνακα συχνοτήτων και αποκαλύπτει σημαντικές πληροφορίες για το σύνολο των τιμών που αντιπροσωπεύει όπως είναι η κεντρική τάση, η μεταβλητότητα και το σχήμα της κατανομής των τιμών.

2 Το Φύλλο ελέγχου (Check Sheet)

Το **φύλλο ελέγχου ή καταχώρησης** είναι ένα απλό εργαλείο συλλογής και καταγραφής στοιχείων. Σε ένα φύλλο ελέγχου μπορούν να καταχωρηθούν λεπτομέρειες σχετικές με το είδος και το χρόνο των σφαλμάτων που εμφανίζουν τα προϊόντα, να καταγραφούν οι απαραίτητοι έλεγχοι που πρέπει να γίνουν κατά την παραλαβή μιας παρτίδας υλικών ή κατά την επιθεώρηση ενός συστήματος ποιότητας, κτλ. Επιπλέον στο φύλλο ελέγχου καταγράφονται διάφορα συμπληρωματικά στοιχεία σχετικά με το είδος των δεδομένων που καταχωρούνται, όπως η ημέρα, η παρτίδα, η βάρδια, και γενικά κάθε πληροφορία που αφορά τη διαδικασία. Τέλος το φύλλο ελέγχου μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως φύλλο εργασίας για την εισαγωγή των δεδομένων σε υπολογιστή.

3 Το Διάγραμμα Pareto (Pareto Chart)

Το **διάγραμμα Pareto** (ή ανάλυση Pareto) οφείλει το όνομά του στον Ιταλό οικονομολόγο *Vilfredo Pareto* ο οποίος είναι κυρίως γνωστός για την παρατήρησή του ότι η κατανομή του 80%-90% του πλούτου της χώρας του ήταν συγκεντρωμένη στο 20%-10% του πληθυσμού (κανόνας 80/20, αρχή Pareto). Έτσι η ανάλυση Pareto έχει ως σκοπό να διαχωρίσει τις σημαντικές πλευρές ενός προβλήματος από τις λιγότερες σημαντικές.

4 Το Διάγραμμα Αιτίας – Αποτελέσματος (Cause and Effect Diagram)

Το διάγραμμα **αιτίου - αποτελέσματος** χρησιμοποιείται για να ανιχνεύσει πιθανές αιτίες ενός συγκεκριμένου προβλήματος. Αποτελεί μια απεικόνιση των ποικίλων στοιχείων ενός συστήματος (αίτια) τα

οποία συνεισφέρουν στη δημιουργία ενός προβλήματος (αποτέλεσμα).

5 Το Διάγραμμα Διασποράς ή Νέφους Σημείων (Scatter Plot)

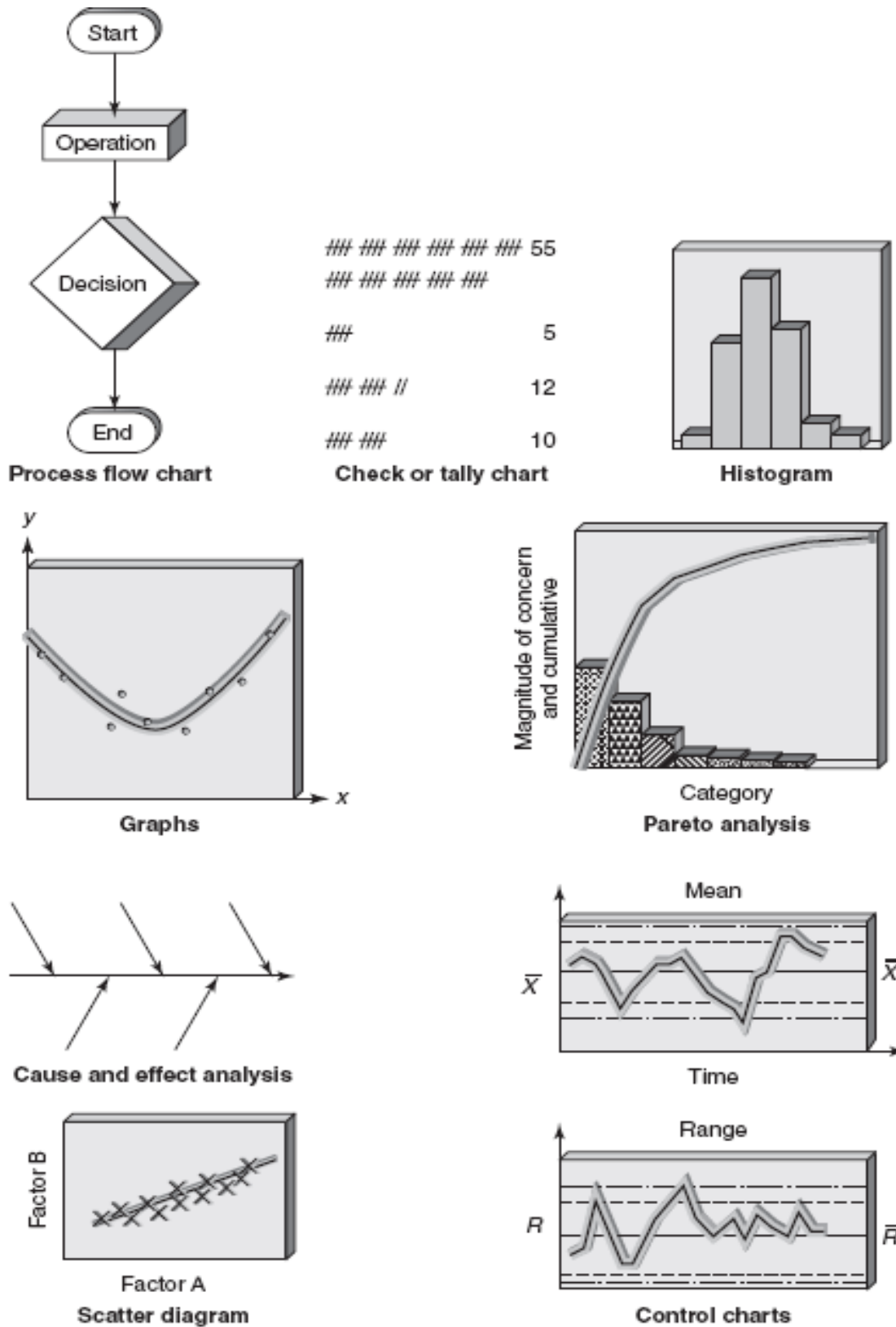
Το **διάγραμμα διασποράς ή διασκόρπισης** χρησιμοποιείται για να αποκαλύψει αν υπάρχει σχέση μεταξύ δύο μεταβλητών. Είναι ένα γράφημα που απεικονίζει τις τιμές δύο μεταβλητών με τη μορφή σημείων σε ένα επίπεδο. Αν οι μεταβλητές είναι συσχετισμένες τότε τα σημεία ακολουθούν την πορεία μιας γραμμής ή καμπύλης.

6 Το Διάγραμμα Ελέγχου (Control Chart)

Τα **διαγράμματα ελέγχου** (*control charts*) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως για την ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο της εμφάνισης ειδικών αιτιών μεταβλητότητας σε μια διεργασία (*on-line process-monitoring*).

Στα διαγράμματα ελέγχου μπορούμε να διακρίνουμε δύο βασικές κατηγορίες ανάλογα με το είδος της μεταβλητής που περιγράφει το ποιοτικό χαρακτηριστικό του προϊόντος

- διαγράμματα ελέγχου για συνεχή χαρακτηριστικά – μεταβλητές (*charts for variables*)
- διαγράμματα ελέγχου για διακριτά χαρακτηριστικά – ιδιότητες (*charts for attributes*).



Πίνακας 5.2 : Τα βασικά εργαλεία του στατιστικού ελέγχου ποιότητας

5.4.2 Μεταβλητότητα, όρια και διακυμάνσεις

Ανεξάρτητα από τις προσπάθειες που καταβάλλονται, ώστε διαδοχικές μονάδες του προϊόντος να είναι οι ίδιες, ως προς τα κρίσιμα χαρακτηριστικά για την ποιότητα, στην πράξη οι συνεχείς μεταβολές στις συνθήκες λειτουργίας οδηγούν σε αποκλίσεις από τις επιθυμητές τιμές. Με άλλα λόγια, η παραγωγική διαδικασία έχει μια διαρκή μεταβλητότητα που περιγράφεται από τις παρατηρούμενες διακυμάνσεις στα χαρακτηριστικά ποιότητας.

Οι διακυμάνσεις μπορεί να είναι μικρές ή μεγάλες. Ανάλογες είναι συνήθως και οι συνέπειες, αλλά οι αποκλίσεις υπάρχουν σε κάθε διαδικασία. Για το λόγο αυτό είναι απαραίτητο να μπορούμε να μετρήσουμε τις διακυμάνσεις, να κατανοούμε τα αιτία που τις προκαλούν και να αναζητούμε τον καλύτερο τρόπο για τον περιορισμό ή και την εξουδετέρωση τους.

Είδη διακυμάνσεων

Κατά τη λειτουργία μιας διαδικασίας διακρίνουμε δύο είδη διακυμάνσεων:

1.Οι φυσικές ή τυχαίες διακυμάνσεις περιγράφουν τη βασική συμπεριφορά των επιχειρησιακών διαδικασιών και συνδέονται με τους συνηθισμένους παράγοντες που επηρεάζουν σχεδόν κάθε στοιχείο μιας διαδικασίας. Σ' αυτούς περιλαμβάνονται η χρησιμοποιούμενη τεχνολογία, το επίπεδο γνώσεων και δεξιοτήτων των εργαζόμενων, η ποιότητα ειδών από τρίτους κ.ά.

Στο σύνολο τους οι τυχαίες διακυμάνσεις παίρνουν μία μορφή που μπορούμε να περιγράψουμε με κάποια στατιστική κατανομή. Αυτή απεικονίζει τη συχνότητα με την οποία εμφανίζονται οι διάφορες τιμές του χαρακτηριστικού ποιότητας που μας ενδιαφέρει. Η συγκεκριμένη μορφή της κατανομής αυτής περιγράφεται με τα εξής μεγέθη ή παραμέτρους:

α. Την κεντρική τάση που αναφέρεται στη μέση τιμή που επικεντρώνονται οι περισσότερες τιμές.

β. Τη διασπορά ή το εύρος των παρατηρούμενων τιμών που αναφέρεται στη διαφορά μεταξύ της μεγαλύτερης και της μικρότερης τιμής.

γ. Το σχήμα της κατανομής, δηλαδή το αν είναι ή όχι συμμετρική ή έχει τις περισσότερες τιμές κοντά στη μεγαλύτερη ή τη μικρότερη τιμή.

2.Οι μη φυσικές διακυμάνσεις που είναι και μη τυχαίες, σε σχέση με την αναμενόμενη από τη διαδικασία συμπεριφορά, αποδίδονται σε ειδικές συνήθως εξηγήσιμες αιτίες. Οι διακυμάνσεις αυτές δεν μπορούν να

ερμηνευθούν επαρκώς με βάση τη στατιστική κατανομή για το χαρακτηριστικό ποιότητας που μας ενδιαφέρει.

Η παρουσία μη φυσικών διακυμάνσεων συχνά σημαίνει ότι η διαδικασία παραγωγής δεν έχει σταθεροποιηθεί. Συνεπώς αυτή δεν μπορεί να βελτιωθεί αν δεν εντοπισθούν και εξουδετερωθούν τα εξηγήσιμα αίτια που τις προκαλούν. Ορισμένα αίτια διακυμάνσεων επηρεάζουν την ποιότητα μόνο σε περιορισμένο βαθμό και βραχυπρόθεσμα. Ενδεικτικά παραδείγματα είναι η ακρίβεια των εντολών σ' ένα πρόγραμμα για Η/Υ ή κάποια σημαντική απόκλιση από κακή ρύθμιση μιας μηχανής. Άλλα όμως αίτια έχουν μια πιο μακροχρόνια επιρροή που μπορεί να είναι βαθμιαία, κλιμακούμενη ή ακανόνιστη. Η χρονική διάρκεια και οι επικρατούσες συνθήκες, όταν γίνονται οι μετρήσεις των διακυμάνσεων, επηρεάζουν το μέγεθος της υπάρχουσας συνολικής διακύμανσης.

Ο βασικός σκοπός στον έλεγχο ποιότητας είναι η μείωση των διακυμάνσεων στα χαμηλότερα δυνατά επίπεδα. Αυτό επιτυγχάνεται όταν μπορούμε να συνδέσουμε τις παρατηρούμενες διακυμάνσεις με τα είδη αιτιών που τις προκαλούν κι επιλέξουμε τις κατάλληλες ενέργειες για την εξουδετέρωση τους.

Η εξουδετέρωση των ειδικών αιτιών που προκαλούν τις τυχαίες ή φυσικές διακυμάνσεις γίνεται με τη διάγνωση τους από τους εργαζομένους και τα διοικητικά στελέχη που έχουν σχέση με το προϊόν κατά προτίμηση στη διάρκεια της παραγωγής. Αυτό απαιτεί ενέργειες συχνά περιορισμένου ή «τοπικού» χαρακτήρα, δηλαδή κάποια παρέμβαση στη διαδικασία. Η μέθοδος για την ανάλυση αυτού του είδους διακυμάνσεων και εντοπισμού των αιτιών που τις προκαλούν προϋποθέτει τη συλλογή κι ανάλυση στοιχείων με τη χρήση απλών στατιστικών μεθόδων.

Αντίθετα, ενώ η αποκάλυψη των αιτιών που προκαλούν τις μη τυχαίες και μη αναμενόμενες διακυμάνσεις μπορεί να γίνεται από τους εργαζόμενους στην παραγωγή, η εξουδετέρωση τους αποτελεί ευθύνη της διοίκησης. Αν και ο εντοπισμός τους διευκολύνεται με τη χρήση στατιστικών μεθόδων, χρειάζεται συνήθως πρόσθετη ανάλυση για την λεπτομερή εξακρίβωση τους.

Ο περιορισμός και η εξουδετέρωση των κοινών αιτιών που προκαλούν τις τυχαίες διακυμάνσεις απαιτεί ουσιαστικές παρεμβάσεις κι αλλαγές στην παραγωγική διαδικασία. Ο Myron Tribus διατυπώνει το θέμα ελέγχου και βελτίωσης της ποιότητας λέγοντας ότι « οι μεν εργαζόμενοι παρεμβαίνουν μέσα στο σύστημα, ενώ η διοίκηση παρεμβαίνει πάνω στο σύστημα».

Οφέλη από τον Περιορισμό του Εύρους των Διακυμάνσεων

Όσες επιχειρήσεις αντιμετωπίζουν με συστηματικό και ολοκληρωμένο τρόπο θέματα ποιότητας γνωρίζουν ότι ο μεγαλύτερος «εχθρός» είναι οι μεγάλες διακυμάνσεις στα κρίσιμα χαρακτηριστικά προϊόντων και διαδικασιών. Για το λόγο αυτό, η ικανότητα περιορισμού κι ελέγχου των διακυμάνσεων δημιουργεί πολλαπλά άμεσα κι έμμεσα οφέλη για την επιχείρηση.

1. Αρχικά αυξάνει την ικανότητα της διαδικασίας να παράγει μέσα στα όρια που προβλέπουν οι προδιαγραφές για είδη ποιότητας, περιορίζοντας έτσι το ποσοστό της παραγωγής που δεν ικανοποιεί τους πελάτες.
2. Με τον περιορισμό των διακυμάνσεων η επιχείρηση πετυχαίνει επίσης τη σημαντική μείωση του κόστους με τους εξής τρόπους :

α. Η δραστική μείωση του αριθμού των ελαττωματικών περιορίζει το κόστος που αυτά δημιουργούν πριν και μετά την πώληση του προϊόντος.

β. Χωρίς μεταβολή στην απόδοση του εξοπλισμού, η μείωση των διακυμάνσεων επιτρέπει στους χειριστές των μηχανών να τις λειτουργούν με στενότερα περιθώρια ασφαλείας για το ενδεχόμενο μεγάλων αποκλίσεων. Τούτο περιορίζει περισσότερο την προηγούμενη σπατάλη σε υλικά, ενέργεια και χρόνο μηχανής που πήγαιναν στην παραγωγή ελαττωματικών, περιορίζοντας έτσι το κόστος.

γ. Η λειτουργία της διαδικασίας παραγωγής με λιγότερα ελαττωματικά περιορίζει την ανάγκη για τη διατήρηση αποθεμάτων, πέρα από τις καθαρές ανάγκες για την ικανοποίηση της πραγματικής ζήτησης. Αυτό μειώνει ακόμα περισσότερο το κόστος παραγωγής.

δ. Ως επακόλουθο, η μείωση των αποθεμάτων προκαλεί αλυσιδωτές ευεργετικές επιδράσεις στο κόστος παραγωγής

- Από τη μείωση των κεφαλαίων που δεσμεύονται σε αποθέματα.
- Από τη μείωση των χώρων αποθήκευσης για τη φύλαξη τους.
- Από τον περιορισμό των αναγκών σε μεταφορικά μέσα και σε προσωρινούς χώρους αποθήκευσης.
- Από τον περιορισμό των γενικών εξόδων διαχείρισης υλικών.

Επιπλέον, ο μεθοδικός περιορισμός των ελαττωματικών δεν περιορίζει μόνο το κόστος, αλλά και απλουστεύει σε μεγάλο βαθμό τη λειτουργία

παραγωγής, επιτρέπει στους εργαζόμενους πιο εύκολα την άσκηση «οπτικού ελέγχου» και διευκολύνει την γρήγορο εντοπισμό των αιτιών που προκαλούν προβλήματα στην ποιότητα. Έτσι, ξεκινά ένας άλλος κύκλος για τη βελτίωση της ποιότητας.

5.4.3 Διαγράμματα ελέγχου μέσης τιμής - ακραίας διαφοράς

Όπως προαναφέραμε τα **διαγράμματα ελέγχου** (*control charts*) είναι μια τεχνική που χρησιμοποιείται ευρέως για την ανίχνευση σε πραγματικό χρόνο της εμφάνισης ειδικών αιτιών μεταβλητότητας σε μια διαδικασία.

Αυτό δίνει τη δυνατότητα να προβούμε σε διορθωτικές ενέργειες πριν κατασκευαστούν πολλά ελαττωματικά προϊόντα. Επιπλέον, το διάγραμμα ελέγχου χρησιμοποιείται ως μέσο για τον προσδιορισμό της ικανότητας της διαδικασίας.

Μέσος όρος

Είναι το άθροισμα των τιμών των μετρήσεων διαιρεμένο με τον αριθμό των τεμαχίων

$$\sum_{i=1}^n x_i / n = \bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Ο μέσος όρος του πληθυσμού συμβολίζεται με το γράμμα μ . Ποτέ όμως δεν μπορούμε να ξέρουμε τον πραγματικό μέσο όρο του πληθυσμού γι' αυτό χρησιμοποιούμε τον μέσο όρο όλων των δειγμάτων που συμβολίζεται με το $\bar{\bar{X}}$ και είναι μια καλή εκτίμηση για τον μέσο όρο του πληθυσμού.

$$\sum_{k=1}^k \bar{X}_j / k = \bar{\bar{X}} = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_n}{k}$$

Όπου k ο αριθμός των δειγμάτων μεγέθους n .

Τυπική απόκλιση

Η τυπική απόκλιση συμπεριλαμβάνει όλα τα δεδομένα και περιγράφει την απόκλιση της των τιμών από τον μέσο όρο. Τιμές άνω του μέσου όρου έχουν θετική απόκλιση και τιμές κάτω του μέσου όρου έχουν αρνητική απόκλιση.

Ο μαθηματικός τύπος της τυπικής απόκλισης είναι :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}}$$

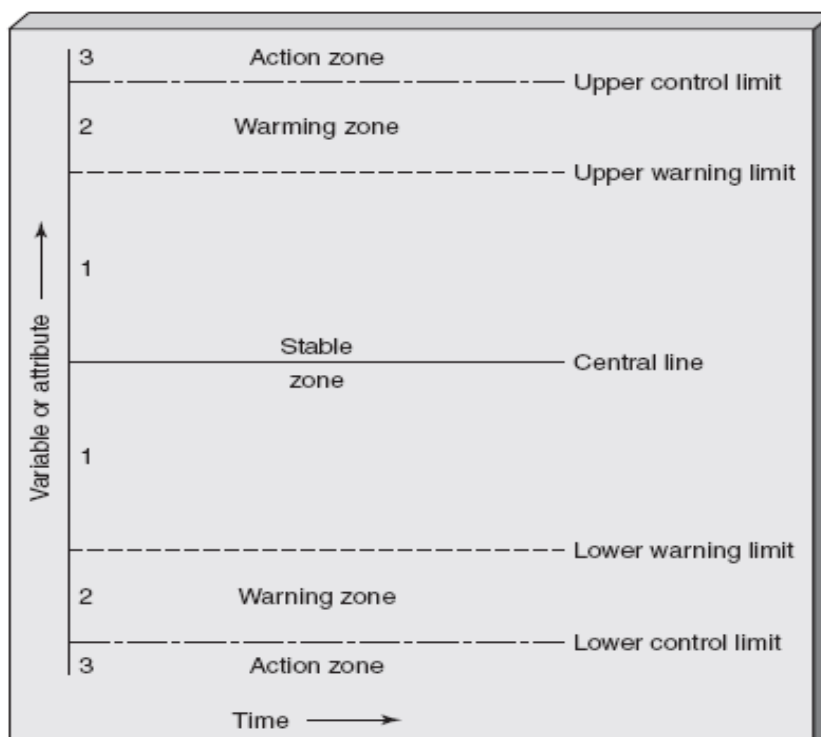
Ακραία διαφορά

Ακραία διαφορά ονομάζεται η διαφορά μεταξύ της υψηλότερης και της χαμηλότερης παρατηρούμενης τιμής και συμβολίζεται με R_i . Ο μέσος όρος της ακραίας διαφοράς όλων των δειγμάτων υπολογίζεται με τον ακόλουθο τύπο:

$$\sum_{i=1}^k R_i / k = \bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_k}{k}$$

Το διάγραμμα μέσης τιμής – ακραίας διαφοράς αποτελείται από τρεις περιοχές :

- Περιοχή επιτρεπόμενων τιμών
- Περιοχή Προσοχής
- Περιοχή Κινδύνου



Αρχικά λαμβάνονται μετρήσεις με την παραγωγή υπό έλεγχο ώστε να χαραχθούν οι γραμμές ΚΙΝΔΥΝΟΣ, ΠΡΟΣΟΧΗ και η κεντρική γραμμή \bar{X} στο διάγραμμα μέσης τιμής.

Όπως επίσης με τις μετρήσεις που θα ληφθούν με την παραγωγή υπό έλεγχο θα χαραχθούν οι γραμμές ΚΙΝΔΥΝΟΣ στο διάγραμμα ακραίας διαφοράς.

Οι μαθηματικοί τύποι που θα καθορίσουν που θα χαραχτούν οι γραμμές των ορίων στο διάγραμμα μέσης τιμής είναι :

Άνω όριο κίνδυνος	: $\bar{X} + 3\sigma / \sqrt{n}$
Άνω όριο προσοχή	: $\bar{X} + 2\sigma / \sqrt{n}$
Γραμμή μέσου όρου	: \bar{X}
Κάτω όριο προσοχή	: $\bar{X} - 2\sigma / \sqrt{n}$
Κάτω όριο κίνδυνος	: $\bar{X} - 3\sigma / \sqrt{n}$

Για την απλοποίηση της διαδικασίας όμως μπορούμε να αντικαταστήσουμε $\sigma = \bar{R} / d_n$ όπου $d_n =$ σταθερά του Hartley

Και πλέον οι τύποι θα έχουν την μορφή :

Γραμμές Ορίων Κινδύνου	: $\bar{X} \pm \frac{3}{d_n \sqrt{n}} \bar{R}$
Γραμμές Ορίων Προσοχής	: $\bar{X} \pm \frac{2}{d_n \sqrt{n}} \bar{R}$

Επειδή τα 3,2,d_n και n είναι σταθερά για δείγματα ίδιου μεγέθους μπορούμε να τα αντικαταστήσουμε με μια σταθερά A₂ και οι τύποι να έχουν τη μορφή:

Γραμμές Ορίων Κινδύνου	$\bar{X} \pm A_2 \bar{R}$
Γραμμές Ορίων Προσοχής	$\bar{X} \pm 2 / 3 A_2 \bar{R}$

Οι μαθηματικοί τύποι που καθορίζουν που θα χαραχτούν τα όρια ελέγχου στο διάγραμμα ακραίας διαφοράς είναι :

Άνω όριο Κίνδυνος : $D_4 \overline{R}$

Κάτω όριο Κίνδυνος : $D_3 \overline{R}$

Όπου D' = σταθερές

5.4.4 Προϋποθέσεις

Ο κεντρικός στόχος για συνεχή βελτίωση της ποιότητας με σκοπό την μεγαλύτερη ικανοποίηση του πελάτη επιτυγχάνεται μόνο εφόσον ικανοποιούνται ορισμένες βασικές προϋποθέσεις :

1. Η ικανότητα βελτίωσης της ποιότητας απαιτεί τον έλεγχο της διαδικασίας που παράγει το προϊόν.
2. Η ικανότητα ελέγχου της διαδικασίας προϋποθέτει την κατανόηση της διαδικασίας ως προς τη διάρθρωση και λειτουργία της.
3. Η επαρκής κατανόηση της διαδικασίας προϋποθέτει τη γνώση των παραγόντων εκείνων που επηρεάζουν την ποιότητα και την ιεράρχηση τους, ανάλογα με το βαθμό επιρροής που ασκούν στην ποιότητα.
4. Η αξιολόγηση των κρίσιμων για την ποιότητα παραγόντων προϋποθέτει την ικανότητα μέτρησής τους.
5. Η δυνατότητα εκτίμησης του τελικού αποτελέσματος των σημαντικών παραγόντων στην ποιότητα προϋποθέτει την κατανόηση του τρόπου που συσχετίζονται και αλληλοεπηρεάζονται.

5.4.5 Δυσκολίες στην εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου ποιότητας

Οι δυσκολίες στην εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου διεργασίας μπορούν να ομαδοποιηθούν σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις δυσκολίες που προκύπτουν κατά την εισαγωγή του στατιστικού ελέγχου σε μια διαδικασία γενικά. Η δεύτερη κατηγορία αφορά στα εμπόδια που εμφανίζονται όταν γίνεται η προσπάθεια ευρύτερης εφαρμογής και επέκτασης του ελέγχου.

Συνολικά, υπάρχουν αρκετοί λόγοι που μπορεί να οδηγήσουν σε αποτυχημένη εφαρμογή του στατιστικού ελέγχου διεργασίας, οι κυριότεροι από τους οποίους μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

- Έλλειψη εμπειρίας και εκπαίδευσης σε όλο το εύρος εργαζομένων σε μια εταιρεία από τους χειριστές έως τους μάνατζερ, η οποία παρουσιάζεται ως έλλειψη κατανόησης του λόγου που εφαρμόζεται ο έλεγχος.
- Έλλειψη αφοσίωσης από τους μάνατζερ, η οποία οδηγεί σε ανεπαρκείς πόρους που διατίθενται για την εφαρμογή του ελέγχου.
- Έλλειψη κατανόησης των πιθανών ωφελειών.
- Αποτυχημένη διερμηνεία των διαγραμμάτων ελέγχου.
- Έλλειψη γνώσης σχετικά με το ποια μεγέθη θα τεθούν υπό παρακολούθηση.
- Ανεπαρκές σύστημα μετρήσεων.
- Έλλειψη επικοινωνίας μεταξύ μηχανικών, χειριστών και διοικητικών στελεχών. Εργαζόμενοι που καταλαβαίνουν τη γλώσσα των διαγραμμάτων ελέγχου δεν είναι σε θέση να το κάνουν αυτό, δεν αντιλαμβάνονται τη διερμηνεία των διαγραμμάτων ελέγχου.

Σύμφωνα με έρευνα του Dale και των συνεργατών του οι εταιρείες εμφανίζουν δυσκολίες τόσο στην εισαγωγή όσο και στην εφαρμογή και επέκταση του στατιστικού ελέγχου διεργασίας. Ειδικότερα, 77 από τις 158 που συμμετείχαν στην έρευνα συνάντησαν δυσκολίες κατά την εισαγωγή και 82 από τις 158 δυσκολίες στην εφαρμογή και την επέκταση του συστήματος. Η αλλαγή κουλτούρας και η ανάγκη εύρεσης χρόνου για την εισαγωγή των αλλαγών δημιουργεί, επίσης, εμπόδια.

5.5 Ικανότητα διαδικασιών

Αντικείμενο αυτού του κεφαλαίου είναι να παρουσιάσει την ιδέα μέτρησης της αποτελεσματικότητας διεργασίας, να περιγράψει τους δείκτες αποτελεσματικότητας διαδικασιών, τον τρόπο υπολογισμού τους και να περιγράψει πως μεταφράζονται οι δείκτες αποτελεσματικότητας.

5.5.1 Γενικά

Οι δείκτες αποτελεσματικότητας διαδικασιών έχουν σκοπό να παρέχουν μια αριθμητική τιμή για την έκταση των προϊόντων μιας διεργασίας που ικανοποιούν μια προκαθορισμένη προϋπόθεση. Μετρούν την αποτελεσματικότητα μιας διεργασίας στην παραγωγή προϊόντων σύμφωνα με κάποιους περιορισμούς. Οι προϋποθέσεις αφορούν ένα ή περισσότερα μετρούμενα χαρακτηριστικά του προϊόντος (π.χ. μήκος, διάμετρος, διάρκεια ζωής, αριθμός ελαττωματικών προϊόντων,...) τα οποία καθορίζουν ολόκληρη τη διεργασία. Για να είναι αποδεκτές οι τιμές των χαρακτηριστικών αυτών

πρέπει να περιέχονται σε ένα προκαθορισμένο διάστημα τα άκρα του οποίου ονομάζονται ανώτερο και κατώτερο όριο αποδοχής. Τα όρια αυτά συνήθως καθορίζονται από κοινού από τον πελάτη και τον κατασκευαστή. Λόγω της μεταβλητότητας που παρουσιάζεται σε κάθε διεργασία παραγωγής θεωρούμε ότι οι τιμές των χαρακτηριστικών αποτελούν τιμές τυχαίας μεταβλητής, η οποία ακολουθεί μια συγκεκριμένη κατανομή. Συνεπώς οι δείκτες αποτελεσματικότητας διαδικασιών αποτελούν μέτρο ένταξης της κατανομής στην περιοχή που καθορίζεται από τα όρια αποδοχής.

Στη βιβλιογραφία έχουν εμφανιστεί αρκετές μονογραφίες καθώς και ένας μεγάλος αριθμός εργασιών, ενδεικτικές για την απήχηση που είχαν οι δείκτες αποτελεσματικότητας κυρίως στους ερευνητές της βιομηχανίας. Πιο επιφανής είναι η εργασία του Kane το 1986 στην οποία υπάρχει λεπτομερής μελέτη και σαφής σύγκριση των πέντε βασικών δεικτών αποτελεσματικότητας διαδικασιών (C_p , C_{pu} , C_{pl} , k και C_{pk}), οι οποίοι αναπτύχθηκαν στα τμήματα ελέγχου ποιότητας μεγάλων βιομηχανικών εγκαταστάσεων σε χώρες όπως η Αγγλία, οι Η.Π.Α. και η Ιαπωνία. Οι «Ιαπωνικοί» δείκτες C_p και C_{pu} δημοσιεύτηκαν από τον Sullivan το 1984. Οι Chan et al το 1988 πρότειναν και μελέτησαν κάποιες ιδιότητες κατανομής ενός νέου μέτρου αποτελεσματικότητας διαδικασιών, του δείκτη C_{pm} . Πολλοί μελετητές επίσης προτείνουν την κατασκευή διαστημάτων εμπιστοσύνης για τους βασικούς δείκτες. Οι περισσότερες μελέτες βασίζονται στην υπόθεση ύπαρξης κανονικής μεταβλητότητας αν και έχουν γίνει αρκετές έρευνες για την εξαγωγή αποτελεσμάτων για μη κανονικές κατανομές.

Τα τελευταία χρόνια έχει εμφανιστεί μια πληθώρα νέων δεικτών, οι οποίοι σχεδιάστηκαν για την καλύτερη αντιμετώπιση ενός μεγαλύτερου φάσματος περιπτώσεων. Κανένας όμως από αυτούς δεν έχει, μέχρι στιγμής, ξεπεράσει τους δείκτες C_p και C_{pk} σε δημοτικότητα ή σε ευκολία στην χρήση. Οι δύο αυτοί δείκτες έχουν αντέξει στο πέρασμα του χρόνου και παραμένουν κλασικοί δείκτες για την ποσοτικοποίηση της αποτελεσματικότητας μιας διεργασίας. Με την απλότητα τους και την ευκολία κατανόησης τους έχουν βρεθεί ανάμεσα στα τυπικά μέτρα ποιότητας.

5.5.2 Ιστορική αναδρομή

Οι δείκτες αποτελεσματικότητας διαδικασιών γεννήθηκαν στην Ιαπωνία στα μέσα της δεκαετίας του 70. Οι αρχικοί δείκτες C_p , C_{pk} και k παρέχουν ένα βασικό πλαίσιο για την περιγραφή της θέσης και του εύρους ενός χαρακτηριστικού ως προς το επιτρεπτό εύρος εμπιστοσύνης. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 80 όμως είχε γίνει αντιληπτό ότι η χρήση μόνο των δεικτών αυτών δεν ήταν αρκετή κυρίως γιατί δεν ενθάρρυναν τη βελτιστοποίηση της διεργασίας, δηλαδή δεν μετρούσαν την αποτελεσματικότητα της διεργασίας σε σχέση με τη στοχεύουσα τιμή. Οι δείκτες δεύτερης γενιάς (όπως ο δείκτης C_{pm}) ποσοτικοποιούν την αποτελεσματικότητα σε σχέση με τη μεταβλητότητα

γύρω από τη στοχεύουσα τιμή. Η βελτίωση αυτή ήταν απαραίτητη αλλά όχι αρκετή με αποτέλεσμα την εισαγωγή και της τρίτης γενιάς δεικτών, η οποία άρχισε γύρω στο 1990 και συνεχίζεται ακόμη και σήμερα (π.χ. C_{pmk}). Οι νέοι αυτοί δείκτες είναι αρκετά ελπιδοφόροι ειδικά όταν πρόκειται για την αντιμετώπιση δεδομένων ειδικών περιπτώσεων.

Η χρήση των δεικτών αποτελεσματικότητας στη βιομηχανία άρχισε στις Η.Π.Α. στις αρχές της δεκαετίας του 80, όταν η εταιρεία Ford Motor εισήγαγε τη χρήση των δεικτών C_p και C_{pk} για τον έλεγχο της λειτουργίας μιας διεργασίας. Το διάστημα αυτό η βιομηχανία αυτοκινήτων προσπαθούσε να αναπτύξει τη χρήση του στατιστικού έλεγχου ποιότητας στα εργοστάσια παραγωγής αλλά και στους προμηθευτές. Με τη χρήση των δεικτών αποτελεσματικότητας υπήρξε ποσοτικοποίηση των κερδών των εταιρειών μέσω του στατιστικού έλεγχου ποιότητας. Σύντομα η χρήση των δεικτών αποτελεσματικότητας διαδόθηκε και σε άλλες αυτοκινητοβιομηχανίες, οι οποίες σύντομα ζητούσαν υπολογισμούς μέσω δεικτών αποτελεσματικότητας από όλους τους προμηθευτές τους. Ως αποτέλεσμα είχαμε την ραγδαία αύξηση της χρήσης των δεικτών αποτελεσματικότητας σε όλες τις αυτοκινητοβιομηχανίες και στη συνέχεια και σε άλλα είδη βιομηχανίας.

Μέχρι το 1991 οι τρεις μεγαλύτερες αυτοκινητοβιομηχανίες των Η.Π.Α. (General Motors, Chrysler και Ford Motor) χρησιμοποιούσαν στατιστικό έλεγχο ποιότητας και δείκτες αποτελεσματικότητας για τον έλεγχο και τη βελτιστοποίηση της ποιότητας των προϊόντων τους. Απαιτούσαν επίσης από τους προμηθευτές τους να παρέχουν αποδείξεις ποιότητας είτε με χρήση στατιστικού ελέγχου ποιότητας ή μέσω υπολογισμών των δεικτών αποτελεσματικότητας. Το 1991 οι τρεις αυτές αυτοκινητοβιομηχανίες σε συνεργασία με την Αμερικανική Εταιρεία για Ποιοτικό Έλεγχο, ίδρυσαν το Automotive Industry Action Group για τη δημιουργία εγχειριδίων αναφοράς και την καταγραφή τεχνικών που χρησιμοποιούνταν από τις τρεις αυτές εταιρείες (AIAG, 1991). Με αποτέλεσμα την έκδοση του AIAG Fundamental Statistical Process Control Reference Manual, στο οποίο καταγράφονταν οι επίσημα χρησιμοποιούμενοι δείκτες και οι αποδεκτοί εκτιμητές τους. Το εγχειρίδιο αυτό συνεχίζει να χρησιμοποιείται από τις αυτοκινητοβιομηχανίες και τους προμηθευτές τους. Η εφαρμογή των τεχνικών αυτών έχει αποδειχτεί επιτυχής. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Ford body and Assembly (1985), στην οποία 904 από τους 1188 προμηθευτές χρησιμοποιούσαν στατιστικούς ελέγχους ποιότητας και 4569 από τις 10735 διαδικασίες ελέγχονταν ως προς την διατήρηση της στατιστικής ισορροπίας και ήταν αποτελεσματικές με ελάχιστη τιμή $C_{pk}=1$, με κάποιες διαδικασίες να επιτυγχάνουν τιμή $C_{pk}=2$ ή και περισσότερο.

5.5.3 Τρόπος λειτουργίας

Θεωρούμε μια τυχαία μεταβλητή X με μέση τιμή $EX=\mu$ και τυπική απόκλιση σ . Εάν η τυχαία μεταβλητή είναι πολυδιάστατη χρησιμοποιούμε τους

αντίστοιχους συμβολισμούς \mathbf{X} , μ και Σ , όπου Σ είναι ο πίνακας διασποράς – συνδιασποράς του \mathbf{X} . Συνήθως υποθέτουμε ότι η κατανομή είναι συμμετρική δηλαδή η διάμεσος ισούται με τη μέση τιμή μ .

Επίσης συμβολίζουμε με:

U =ανώτερο όριο αποδοχής

L =κατώτερο όριο αποδοχής

Θεωρούμε ότι $L \leq \mu \leq U$.

Ορίζουμε επίσης τα d και M , ως εξής:

$$d = \frac{U - L}{2}$$

$$M = \frac{U + L}{2}$$

(ενδιάμεσο σημείο των U και L)

T = στοχεύουσα τιμή

Συνήθως η στοχεύουσα τιμή συμπίπτει με το ενδιάμεσο σημείο ($T=M$) αλλά κάποιες φορές τα δύο αυτά μεγέθη διαφέρουν ($T \neq M$) και τότε λέμε ότι έχουμε μη συμμετρικά όρια ανοχής. Μας ενδιαφέρει επίσης εάν η μέση τιμή του χαρακτηριστικού, μ , συμπίπτει με τη στοχεύουσα τιμή, T , δηλ. $\mu=T$. Στην περίπτωση αυτή η διεργασία ονομάζεται εύστοχη.

Είναι κοινώς αποδεκτό ότι οι δείκτες μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο όταν είναι δεδομένο ότι η διεργασία μας βρίσκεται σε στατιστική ισορροπία και τα δεδομένα είναι ανεξάρτητα.

Οι δείκτες αποτελεσματικότητας διαδικασιών είναι μη αρνητικές συναρτήσεις οι οποίες συνδυάζουν τις παραμέτρους μ και σ και τα καθορισμένα L , U και T . Μεγάλες τιμές των δεικτών παραπέμπουν σε αποτελεσματικές διαδικασίες. Μια σημαντική ιδιότητα όλων των δεικτών είναι ότι δεν είναι ανεξάρτητοι από τις μονάδες μέτρησης με τις οποίες εκφράζουμε το χαρακτηριστικό που μελετάμε. Συνεπώς έχει σημασία να συγκρίνουμε τις τιμές του ίδιου δείκτη για δύο διαφορετικές διαδικασίες.

Όπως και με κάθε στατιστική συνάρτηση πρέπει να γίνεται σωστή χρήση των δεικτών αποτελεσματικότητας. Ειδικότερα, πρέπει πάντα να πληρούνται οι αποδεκτές υποθέσεις, οι διαδικασίες επιλογής δείγματος πρέπει να είναι

τέτοιες ώστε να προκύπτει η επιθυμητή ακρίβεια και τέλος τα αποτελέσματα πρέπει να ελέγχονται μέσω διαστημάτων εμπιστοσύνης ή ελέγχων υποθέσεων.

5.5.4 Βασικοί δείκτες

$$\bullet \quad C_p = \frac{U - L}{6\sigma} = \frac{d}{3\sigma}$$

Ο δείκτης αυτός προτάθηκε από τον Juran το 1974 και καλείται και «six sigma» δείκτης, χρησιμοποιείται για δίπλευρο έλεγχο και δεν εξαρτάται από το κέντρο της διεργασίας. Έχει σχεδιαστεί ώστε να παρέχει ένα έμμεσο μέτρο της εν δυνάμει ικανότητας μίας διεργασίας να ικανοποιήσει τις απαιτούμενες προϋποθέσεις. Συγκρίνει το επιτρεπτό εύρος των τιμών του χαρακτηριστικού (U-L) με το φυσικό εύρος (6σ). Ο αριθμητής του παραπάνω κλάσματος δίνει το εύρος στο οποίο μπορούν να λάβουν τιμές οι παρατηρήσεις του χαρακτηριστικού. Ο παρονομαστής δίνει το πραγματικό εύρος στο οποίο κυμαίνονται οι τιμές του χαρακτηριστικού. Δεν λαμβάνει υπόψη ότι η μέση τιμή (μ) του χαρακτηριστικού μπορεί να διαφέρει από την στοχεύουσα τιμή (T) και γίνεται αυθαίρετα μεγάλος καθώς το σ πλησιάζει το μηδέν. Επιθυμούμε οι τιμές του δείκτη C_p να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερες. Μικρές τιμές (ειδικότερα κάτω από 1) δεν είναι αποδεκτές, διότι στην περίπτωση αυτή το φυσικό εύρος μεταβλητότητας του χαρακτηριστικού θα είναι μεγαλύτερο από το επιτρεπτό εύρος. Στην πράξη λέμε ότι μια διεργασία είναι αποτελεσματική εάν η τιμή του C_p είναι τουλάχιστον ίση με 1.

Ο C_p είναι ένας δείκτης που κάνει συγκρίσεις εύρους και δεν εξαρτάται από την θέση των δεδομένων της διεργασίας. Η κατανομή μπορεί να μετατοπιστεί προς οποιαδήποτε κατεύθυνση χωρίς να έχουμε αλλαγή στον C_p , εφόσον δεν μεταβάλλεται η διασπορά της κατανομής (σ^2). Υπενθυμίζουμε ότι ο δείκτης C_p έχει σχεδιαστεί για να χρησιμοποιείται μόνο όταν τα δεδομένα μας είναι ανεξάρτητα, ακολουθούν κανονική κατανομή και βρίσκονται σε στατιστική ισορροπία.

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε για ποιες τιμές του C_p μια διεργασία μπορεί να θεωρηθεί αποτελεσματική και για ποιες μη αποτελεσματική.

Τιμές του C_p	Εκτίμηση για την διεργασία	Απάντηση
$C_p < 1$	Μη αποτελεσματική	Είναι απαραίτητη η αλλαγή διαδικασιών ή εξοπλισμού. Πρέπει να ελέγξουμε όλα τα προϊόντα.
$1 \leq C_p \leq 1.33$	Χρειάζεται παρακολούθηση	Κίνδυνος παραγωγής ελαττωματικών προϊόντων. Η διεργασία χρειάζεται παρακολούθηση.
$1.33 \leq C_p$	Αποτελεσματική	Αρκεί ένας έλεγχος στην αρχή των διεργασιών.

Η τιμή $C_p = 1.33$ δείχνει ότι η διεργασία έχει τη δυνατότητα να παράγει προϊόντα μέσα στο καθορισμένο διάστημα και να χρησιμοποιεί το 75% του καθορισμένου εύρους εάν ισχύει ότι $\mu = M$.

- $$C_p^* = \frac{\min(T - L, U - T)}{3\sigma}$$

Ο δείκτης αυτός αποτελεί γενίκευση του C_p για την περίπτωση στην οποία το ενδιάμεσο σημείο (M) των U και L διαφέρει από την στοχεύουσα τιμή (T).

- $$C_{pk} = \frac{d - |\mu - M|}{3\sigma} = \frac{\min\{U - \mu, \mu - L\}}{3\sigma}$$

Ο δείκτης C_{pk} δημιουργήθηκε στην Ιαπωνία για να αντισταθμίσει κάποιες από τις αδυναμίες του C_p , όπως το ότι δεν λαμβάνει καθόλου υπόψη τη θέση- μέση τιμή- της κατανομής αλλά μετρά την αποτελεσματικότητα μόνο με χρήση της μεταβλητότητας της.

Ο δείκτης αυτός αντιστοιχεί στην απόσταση ανάμεσα στη μέση τιμή και του πλησιέστερου καθορισμένου ορίου, προς το μισό της μεταβλητότητας. Περιλαμβάνει και την θέση του χαρακτηριστικού εκτός από το εύρος του, αλλά μπορεί να αποτύχει στον διαχωρισμό μεταξύ διαδικασιών που επιτυγχάνουν τη στοχεύουσα τιμή και διαδικασιών που δεν την επιτυγχάνουν. Είναι φανερό ότι αν $\mu=M$ τότε $C_{pk}=C_p$. Επίσης πάντα θα ισχύει $C_{pk}\leq C_p$. Έχει αποδειχθεί ότι ο C_{pk} γίνεται αυθαίρετα μεγάλος καθώς το σ πλησιάζει το μηδέν. Προς το παρόν χρησιμοποιείται περισσότερο από οποιονδήποτε άλλο δείκτη για τη μέτρηση της αποτελεσματικότητας μιας διεργασίας. Κατώτερο όριο του θεωρείται η τιμή 1.33, η οποία δείχνει ότι η διεργασία λειτουργεί σε επίπεδο στο οποίο χρησιμοποιείται τουλάχιστον το 75% του καθορισμένου εύρους.

Στην βιομηχανία αυτοκινήτων των Η.Π.Α. η απαιτούμενη τιμή για όλες τις διαδικασίες προμηθευτών είναι 1.33 ή περισσότερο, με προτίμηση σε τιμές 1.67 ή περισσότερο. Τα προγράμματα ελέγχου ποιότητας της Motorola απαιτούν $C_p=2$, $C_{pk}=1.5$ και τότε δεν έχουμε περισσότερα από 3.4 ελαττωματικά προϊόντα ανά εκατομμύριο. Ο C_{pk} πρέπει να έχει τιμή τουλάχιστον ίση με 2, ώστε η μέση τιμή του χαρακτηριστικού να είναι τουλάχιστον 6 τυπικές αποκλίσεις μακριά από το πλησιέστερο όριο αποδοχής.

- $C_{pk}^* = \min(C_{pl}^*, C_{pu}^*)$

Γενίκευση του C_{pk} για την περίπτωση στην οποία το ενδιαμέσο σημείο των U και L (M) διαφέρει από την στοχεύουσα τιμή (T).

- $k = \frac{2|M - \mu|}{U - L} = \frac{2\left|\mu - \frac{1}{2}(U + L)\right|}{U - L} = \frac{|M - \mu|}{d}$

Η ποσότητα k χρησιμοποιείται ως δείκτης που περιγράφει το κατά πόσο η μέση τιμή του χαρακτηριστικού δεν συμπίπτει με τη στοχεύουσα τιμή. Περιγράφει την αποτελεσματικότητα της διεργασίας χρησιμοποιώντας μόνο τη θέση της κατανομής και παρέχει ποσοτικό μέτρο του κατά πόσο η διεργασία είναι έκκεντρη. Όταν $k=0$ ισχύει $\mu=T$, ενώ όταν $k=1$ έχουμε $\mu=L$ ή $\mu=U$. Συνεπώς εάν $0 < k < 1$ η μέση τιμή του χαρακτηριστικού βρίσκεται ανάμεσα στα όρια αποδοχής.

$$k^* = \frac{|T - \mu|}{\min\{T - U, L - T\}}$$

6. Προτάσεις βελτίωσης

Παρακάτω θα παρουσιάσουμε κάποιες αποτελεσματικές εφαρμογές που έχουν ως στόχο τη βελτίωση των διαδικασιών και να βοηθήσουν στην έγκαιρη αντιμετώπιση των προβλημάτων.

6.1 Αρχείο συντήρησης εξοπλισμού

Όπως γνωρίζουμε, σε κάθε μηχανή ή εξοπλισμό που συμμετέχει στην παραγωγική διαδικασία είναι απαραίτητο να γίνονται ενέργειες συντήρησης του για να εξασφαλίσουμε την ομαλή λειτουργία του και την μέγιστη δυνατή απόδοση του.

Στις πιο εξελιγμένες βιομηχανίες η συντήρηση ή αντικατάσταση ανταλλακτικών των μηχανημάτων ή του εξοπλισμού γίνεται πλέον προληπτικά, πριν παρουσιαστεί κάποιο πρόβλημα ή παραχθεί κάποιο ελαττωματικό προϊόν.

Για να γίνει κάτι τέτοιο πρέπει να γίνει μελέτη ώστε να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε τη διάρκεια ζωής του ανταλλακτικού ή του εξοπλισμού. Το πρώτο βήμα για να επιτευχθεί αυτό είναι να υπάρχει αρχείο συντήρησης του εξοπλισμού.

Κατά την παραμονή μου στην εταιρεία διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχει αρχείο συντήρησης. Η συντήρηση πραγματοποιείται στον εξοπλισμό εφ' όσον παρουσιαστεί πρόβλημα και δεν μπορεί να διεξαχθεί ομαλά η παραγωγική διαδικασία. Η τακτική αυτή ακολουθείται γιατί υπάρχει η ιδέα ότι με αυτό τον τρόπο το κόστος συντήρησης είναι το χαμηλότερο δυνατό. Με μια πιο προσεκτική ματιά παρατηρούμε ότι αυτό είναι λανθασμένη αντίληψη. Για να αποφύγουν το κόστος συντήρησης ή να το καθυστερήσουν αυτό μπορεί να οδηγήσει σε πλήρη φθορά του εξοπλισμού και άρα ένα πολλαπλάσιο κόστος για την αντικατάστασή του από το κόστος συντήρησης. Το πρόβλημα θα παρουσιαστεί σε περίοδο παραγωγής, άρα η διαδικασία στην οποία εμπλέκεται ο συγκεκριμένος εξοπλισμός θα σταματήσει ή θα υπολειτουργεί. Αυτό θα έχει ως συνέπεια όλα τα επόμενα στάδια να υπολειτουργήσουν επίσης. Επίσης για την επισκευή ή συντήρηση θα χρειαστεί ανθρώπινο δυναμικό που πιθανώς να αποσυρθεί από άλλα σημεία της παραγωγικής διαδικασίας και επομένως ακόμα μεγαλύτερο κόστος.

Για να αποφευχθεί μια τέτοια εξέλιξη για ακόμα μια φορά θα πρέπει να υπάρχει πλήρες αρχείο στο οποίο να καταγράφεται κάθε διαδικασία συντήρησης με κάθε λεπτομέρεια. Κάθε φορά που γίνεται συντήρηση ή αντικατάσταση κάποιου εξαρτήματος του εξοπλισμού θα πρέπει να καταγράφονται τα παρακάτω:

- Ο εξοπλισμός στον οποίο γίνεται η εργασία
- Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν (είδος, ποσότητα, επωνυμία)
- Οι ενέργειες που πραγματοποιήθηκαν
- Ημερομηνία συντήρησης
- Όνομα υπευθύνου εργασίας

Επίσης θα πρέπει να γίνεται καταγραφή κατά την αντικατάσταση των κοπτικών εργαλείων, των αναλώσιμων και των υλικών. Με αυτό τον τρόπο θα είναι γνωστές

- οι ανάγκες της εταιρείας,
- η διάρκεια ζωής των εργαλείων και των αναλώσιμων

και θα μπορεί να γίνει λεπτομερής καταγραφή των αναγκών αλλά και να μελετηθεί η αλλαγή προμηθευτή για καλύτερη παραγωγικότητα. Επίσης αυτό θα αποδειχθεί πολύ χρήσιμο και απαραίτητο για την επιτυχημένη εφαρμογή της ιχνηλασιμότητας.

6.2 Έλεγχοι ποιότητας

Στο διάγραμμα ροής που παρουσιάστηκε νωρίτερα είδαμε πως οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται κατά μήκος της παραγωγικής διαδικασίας είναι αρκετοί. Αυτοί πραγματοποιούνται στα κατάλληλα σημεία όμως θα πρέπει να γίνονται πιο συστηματικά και να καταγράφεται τότε και από ποιόν έγινε ο έλεγχος, έτσι ώστε να μην υπάρχουν αμφιβολίες για το αν πραγματοποιήθηκαν. Επίσης έτσι θα είναι γνωστό ποιός ήταν υπεύθυνος για τον εκάστοτε έλεγχο οπότε θα είναι ευκολότερη η ανάληψη ευθύνης.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα επικεντρωθούμε στον έλεγχο **15**.

Ο έλεγχος 15 είναι ίσως ο βασικότερος έλεγχος. Αν η διάσταση βάσης – χείλους είναι εκτός ορίων τότε κατά τη διαδικασία της βαθμονόμησης ίσως να μην καταφέρει ο μετρητής να είναι εντός των ορίων σφάλματος επομένως και ακατάλληλος για χρήση.

Βλέποντας πως η μέτρηση της διάστασης γίνεται κατά τυχαία χρονικά διαστήματα και χωρίς κάποιο επιστημονικό υπόβαθρο έγινε πρόταση να

χαραχθεί κάποιο διάγραμμα ελέγχου για να διαπιστωθεί αν η διαδικασία είναι σε έλεγχο.

Το διάγραμμα ελέγχου που επιλέχθηκε είναι το διάγραμμα μέσης τιμής-ακραίας διαφοράς $\bar{X} - R$. Τα $\bar{X} - R$ διαγράμματα χρησιμοποιούνται στις περισσότερες περιπτώσεις επειδή είναι οικονομικότερα και ταχύτερα αφού το δείγμα που εξετάζεται είναι μικρό.

Στα διαγράμματα \bar{X} και R παρακολουθούνται η μέση τιμή \bar{X} και η ακραία διαφορά R (διαφορά μεταξύ μέγιστης και ελάχιστης τιμής) των τιμών του δείγματος.

Η τιμή \bar{X} είναι ενδεικτική της μέσης τιμής και η ακραία διαφορά R της διασποράς των τιμών της διάστασης που μελετάμε.

Το πρώτο βήμα που πρέπει να γίνει είναι να ληφθούν μετρήσεις ενώ η διαδικασία είναι σε έλεγχο για να χαραχθούν οι γραμμές Προσοχής και Κινδύνου.

Αμέσως πριν ληφθούν οι αρχικές μετρήσεις, έγιναν όλοι οι απαραίτητοι έλεγχοι στην εμπλεκόμενη μηχανή (τόρνος). Προσθήκη ψυκτικού λαδιού, μέτρηση διαδρομής κοπτικού εργαλείου, σύσφιξη κοχλιών και καθαρισμός καλουπιών. Επίσης το σημαντικότερο, χρησιμοποιήθηκαν καινούργια κοπτικά εργαλεία.

Χρησιμοποιήσαμε 20 δείγματα μεγέθους 5 ($n=5$).
Οι μετρήσεις αφορούν υδρομετρητές διαμέτρου $\frac{3}{4}$ ίντσας.

Υπενθυμίζουμε πως οι μαθηματικοί τύποι που θα καθορίσουν που θα χαραχθούν οι γραμμές των ορίων στο διάγραμμα μέσου όρου είναι :

$$\begin{aligned} \text{Γραμμές Κινδύνου} & : \bar{X} \pm \frac{3}{d_n \sqrt{n}} \bar{R} \\ \text{Γραμμές Προσοχής} & : \bar{X} \pm \frac{2}{d_n \sqrt{n}} \bar{R} \end{aligned}$$

Επειδή τα 3,2, d_n και n είναι σταθερά για δείγματα ίδιου μεγέθους μπορούμε να τα αντικαταστήσουμε με μια σταθερά A_2 και οι τύποι να έχουν τη μορφή:

$$\begin{aligned} \text{Γραμμές δράσης} & \quad \bar{X} \pm A_2 \bar{R} \\ \text{Γραμμές προειδοποίησης} & \quad \bar{X} \pm 2/3 A_2 \bar{R} \end{aligned}$$

Οι μαθηματικοί τύποι που καθορίζουν που θα χαραχτούν τα όρια ελέγχου στο διάγραμμα ακραίας διαφοράς είναι :

Άνω όριο Κίνδυνος : $D_4 \bar{R}$

Κάτω όριο Κίνδυνος : $D_3 \bar{R}$

Για μέγεθος δείγματος $n=5$

$D_3 = 0$

$D_4 = 2,114$

$d_2 = 2,326$

Ακολουθούν τα αποτελέσματα των μετρήσεων και οι τιμές του μέσου όρου (\bar{X}), εύρους (R) τυπικής απόκλισης (σ) που προκύπτουν απ' αυτές.

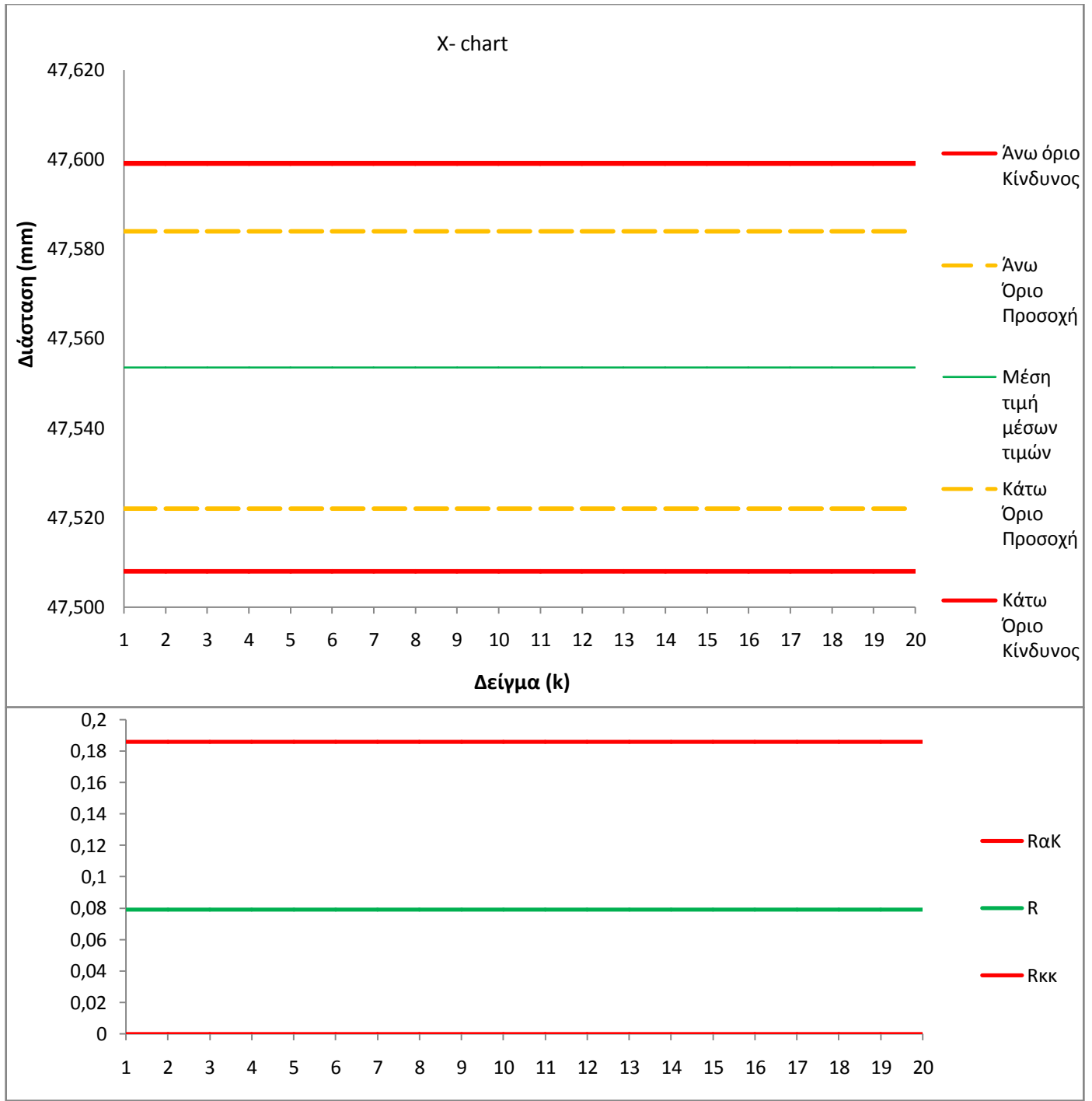
m	Obs 1	Obs 2	Obs 3	Obs 4	Obs 5	X	R	σ
1	47,50	47,57	47,60	47,55	47,63	47,570	0,130	0,044
2	47,60	47,55	47,52	47,50	47,57	47,548	0,100	0,035
3	47,54	47,55	47,59	47,57	47,51	47,552	0,080	0,027
4	47,59	47,57	47,57	47,59	47,52	47,568	0,070	0,026
5	47,55	47,62	47,55	47,56	47,53	47,562	0,090	0,031
6	47,55	47,52	47,53	47,56	47,57	47,546	0,050	0,019
7	47,55	47,62	47,57	47,54	47,55	47,566	0,080	0,029
8	47,52	47,54	47,56	47,53	47,59	47,548	0,070	0,025
9	47,55	47,56	47,62	47,55	47,54	47,564	0,080	0,029
10	47,57	47,58	47,56	47,57	47,52	47,560	0,060	0,021
11	47,56	47,55	47,56	47,61	47,54	47,564	0,070	0,024
12	47,57	47,58	47,52	47,56	47,50	47,546	0,080	0,031
13	47,55	47,55	47,57	47,54	47,52	47,546	0,050	0,016
14	47,57	47,53	47,52	47,55	47,58	47,550	0,060	0,023
15	47,53	47,54	47,48	47,54	47,56	47,530	0,080	0,027
16	47,55	47,51	47,51	47,57	47,57	47,542	0,060	0,027
17	47,54	47,55	47,53	47,54	47,62	47,556	0,090	0,033
18	47,50	47,53	47,53	47,52	47,63	47,542	0,130	0,045
19	47,53	47,53	47,60	47,56	47,57	47,558	0,070	0,026
20	47,57	47,53	47,55	47,52	47,60	47,554	0,080	0,029
					Total	951,072	1,580	
					\bar{X}	47,554	0,079	\bar{R}

Επομένως οι τιμές στις οποίες θα χαραχτούν οι γραμμές ορίων για το διάγραμμα μέσης τιμής θα είναι

Άνω όριο κίνδυνος : 47,599
 Άνω όριο προσοχή : 47,584
 Γραμμή μέσου όρου : 47,554
 Κάτω όριο προσοχή : 47,522
 Κάτω όριο κίνδυνος : 47,508

Ενώ οι τιμές στις οποίες θα χαραχτούν οι γραμμές ορίων για το διάγραμμα ακραίας διαφοράς θα είναι

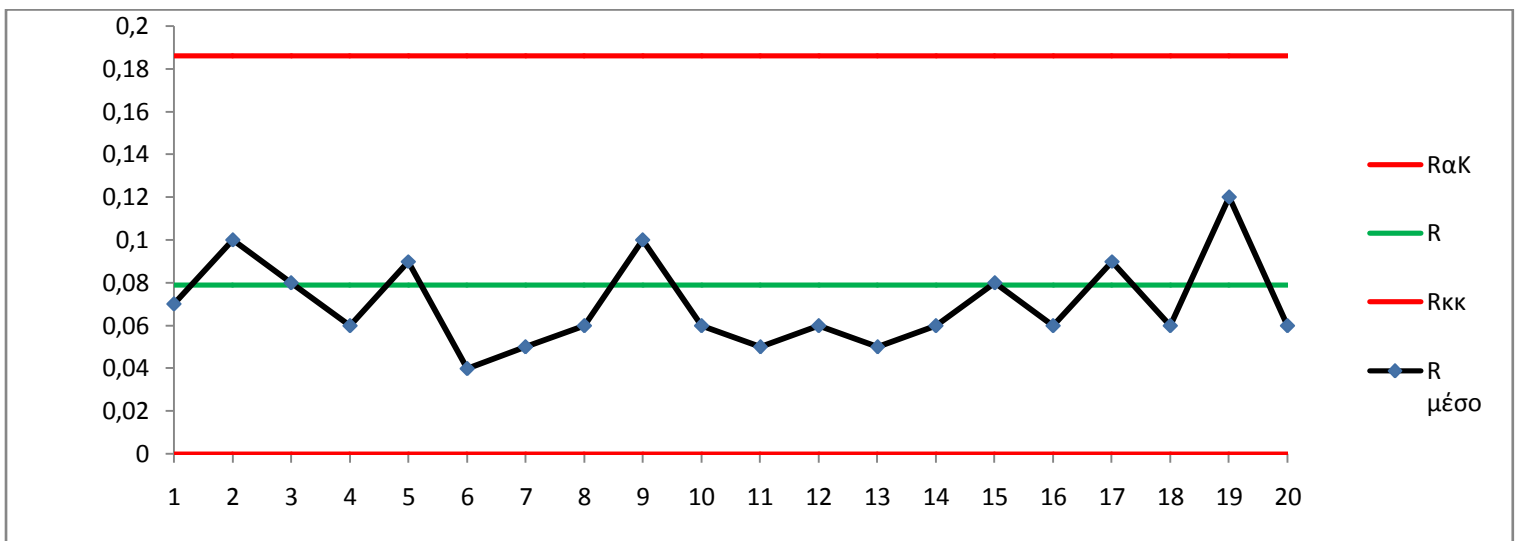
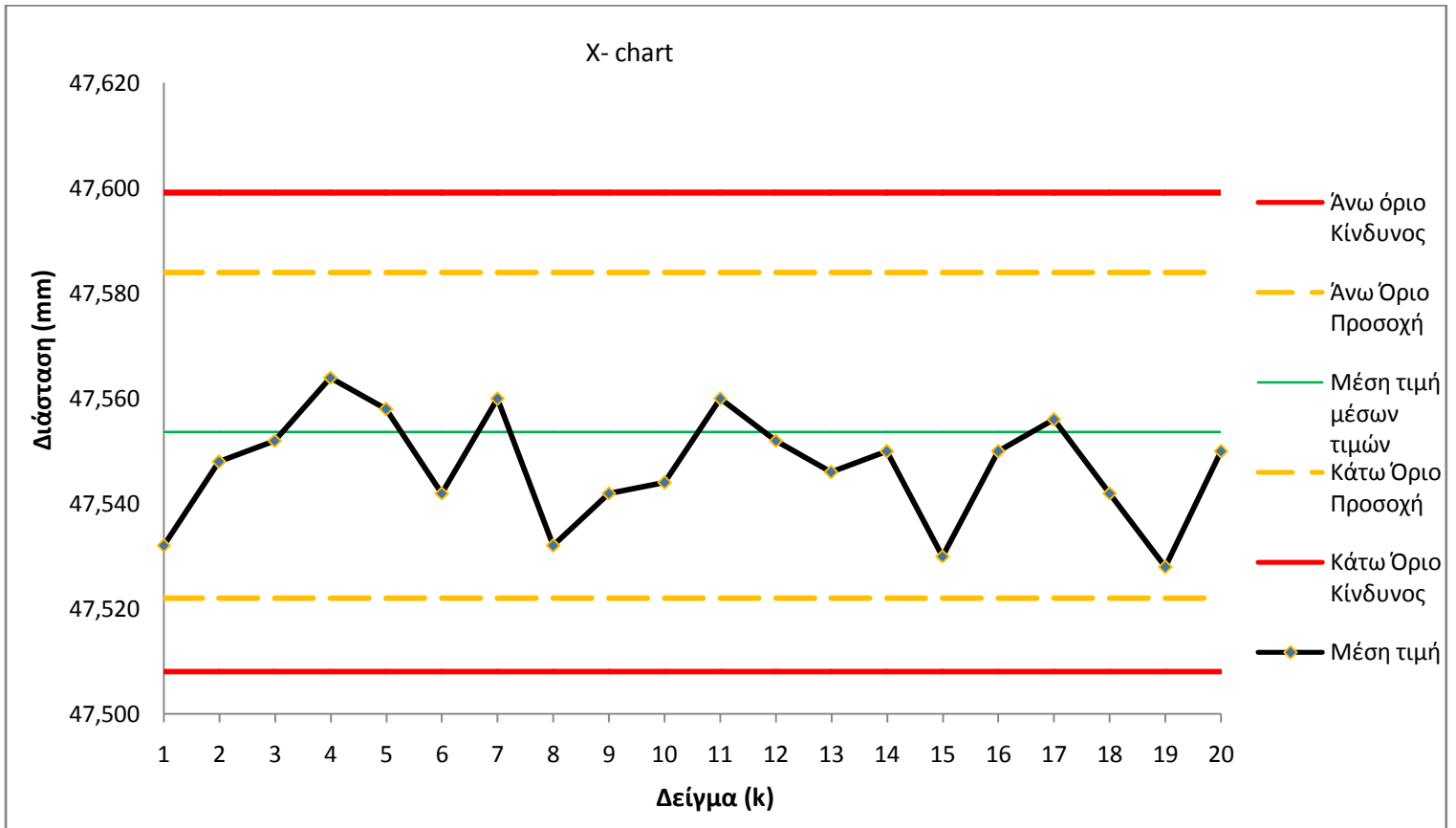
Άνω όριο κίνδυνος : 0,167006
 Γραμμή μέσης τιμής Ακραίων Διαφορών : 47,554
 Κάτω όριο κίνδυνος : 0



Στη συνέχεια και αφού έχουμε καταστρώσει τα διαγράμματα μας, πήραμε μετρήσεις σε τακτά χρονικά διαστήματα.

	1	2	3	4	5	\bar{X}	R
1	47,50	47,57	47,53	47,55	47,51	47,532	0,070
2	47,60	47,55	47,52	47,50	47,57	47,548	0,100
3	47,54	47,55	47,59	47,57	47,51	47,552	0,080
4	47,58	47,57	47,57	47,58	47,52	47,564	0,060
5	47,53	47,62	47,55	47,56	47,53	47,558	0,090
6	47,55	47,52	47,53	47,55	47,56	47,542	0,040
7	47,55	47,59	47,57	47,54	47,55	47,560	0,050
8	47,52	47,51	47,57	47,53	47,53	47,532	0,060
9	47,54	47,55	47,59	47,49	47,54	47,542	0,100
10	47,57	47,55	47,51	47,57	47,52	47,544	0,060
11	47,56	47,55	47,59	47,56	47,54	47,560	0,050
12	47,57	47,58	47,52	47,56	47,53	47,552	0,060
13	47,55	47,55	47,57	47,54	47,52	47,546	0,050
14	47,57	47,53	47,52	47,55	47,58	47,550	0,060
15	47,53	47,54	47,48	47,54	47,56	47,530	0,080
16	47,55	47,55	47,51	47,57	47,57	47,550	0,060
17	47,54	47,55	47,53	47,54	47,62	47,556	0,090
18	47,55	47,53	47,53	47,52	47,58	47,542	0,060
19	47,53	47,53	47,45	47,56	47,57	47,528	0,120
20	47,57	47,53	47,55	47,52	47,58	47,550	0,060

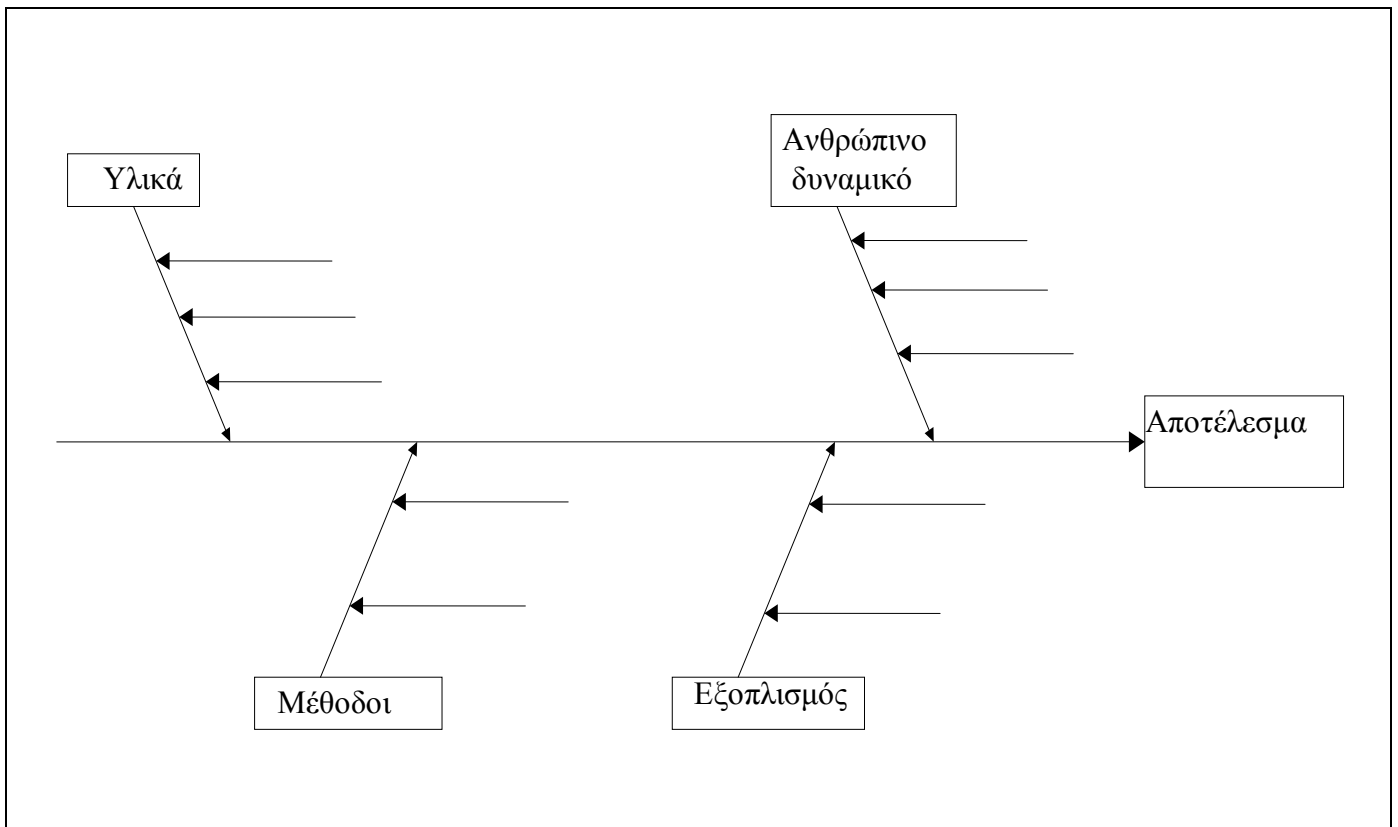
Και στη συνέχεια χαράσσουμε το \bar{X} και το R στα διαγράμματα που καταστρώσαμε νωρίτερα.



6.3 Διάγραμμα Αιτιών –Αποτελεσμάτων (cause and effect analysis)

Με το διάγραμμα «αιτιών-αποτελεσμάτων» γίνεται η απεικόνιση των σημαντικών παραγόντων που επηρεάζουν το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας. Τούτο συχνά αναφέρεται και ως διάγραμμα «ψαροκόκαλο», λόγω του τρόπου απεικόνισης των σχετικών παραγόντων ή διάγραμμα Ishikawa, από τον Ιάπωνα καθηγητή που το επινόησε.

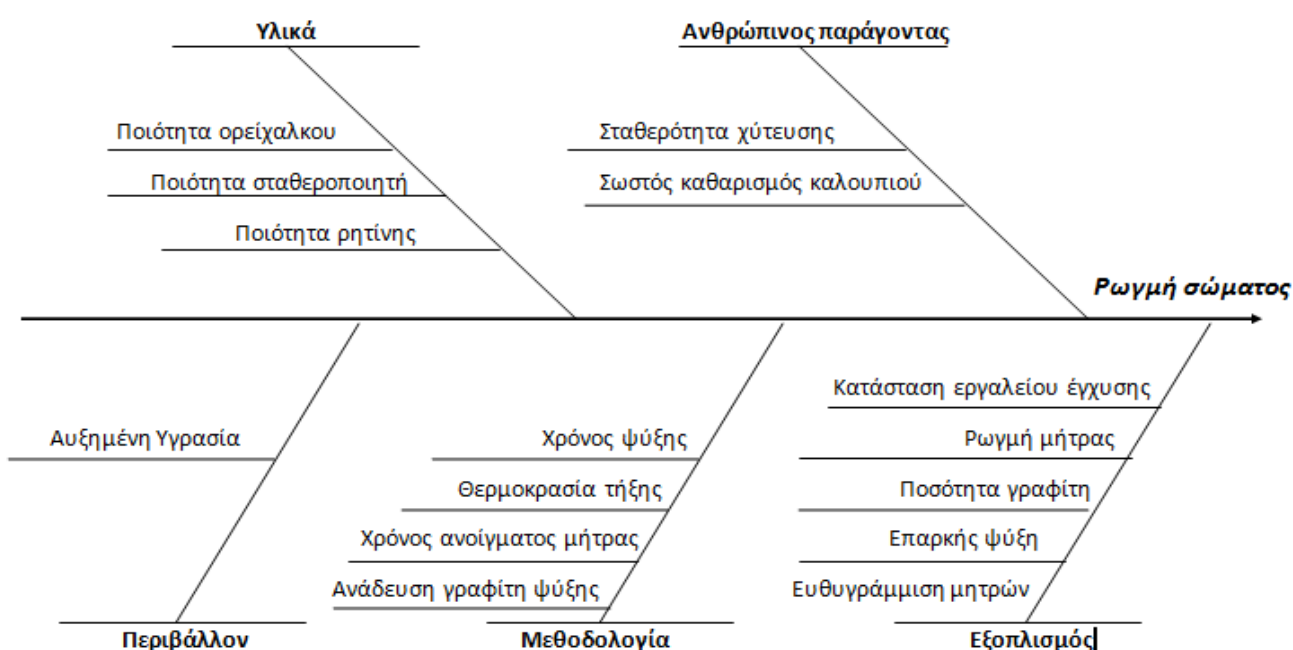
Με δεδομένη μία συνολική εικόνα της διαδικασίας, όπως αυτή περιγράφεται με το διάγραμμα ροής, το επόμενο συνήθως βήμα είναι ο προσδιορισμός των παραγόντων εκείνων που επηρεάζουν την ποιότητα του προϊόντος. Τούτο μπορεί να γίνει συνολικά για τη διαδικασία ή, όταν αυτή είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη, για επιλεγμένα τμήματα της. Για τη διαδικασία στο σύνολο της, το διάγραμμα αιτιών-αποτελεσμάτων σε γενική μορφή απεικονίζεται στο Διάγραμμα.



Για τη βελτίωση της ποιότητας, είναι συχνά απαραίτητο η ανάλυση των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα να εμβαθύνει σε διαδοχικά επίπεδα. Το ίδιο ισχύει και για τις επιδόσεις της διαδικασίας με άλλα κριτήρια αποτελεσματικότητας, όπως η παραγωγικότητα ή ο χρόνος διεκπεραίωσης μιας παραγγελίας.

Για κάθε πρωτογενή παράγοντα, π.χ τον εξοπλισμό, εξετάζονται στη συνέχεια οι δευτερογενείς αιτίες, όπως ο τρόπος ρύθμισης, το είδος και η συχνότητα συντήρησης, η καθαριότητα της θέσης εργασίας κλπ. Βασική επιδίωξη της ομάδας που διαμορφώνει ένα τέτοιο διάγραμμα είναι η σταδιακή προσέγγιση των αιτιών κακής ποιότητας με τρόπο που στη τελική διατύπωση οι παράγοντες που αναφέρονται να είναι κατά το δυνατόν αντικειμενικοί και μετρήσιμοι.

Παρακάτω ακολουθεί ένα διάγραμμα αιτίου – αποτελέσματος για ένα από τα βασικότερα προβλήματα – αστοχίες που είναι η ύπαρξη ρωγμής στο σώμα του υδρομετρητή.



6.4 Ιχνηλασιμότητα

6.4.1 Ορισμοί ιχνηλασιμότητας

Η γνώση και η συνολική εποπτεία δεδομένων και γεγονότων σε όλο το μήκος μιας εφοδιαστικής αλυσίδας αποτελεί κρίσιμο παράγοντα επιτυχίας και καθορίζει σε μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα και την αποδοτικότητα της καθώς και την ποιότητα των προϊόντων που καταλήγουν στον καταναλωτή. Καίριο ρόλο στην επίτευξη των παραπάνω διαδραματίζει η διαδικασία της ιχνηλασιμότητας (traceability) που ορίζεται ως η ικανότητα

ανίχνευσης της ταυτότητας, της διαδρομής και των αλλαγών της κατάστασης ενός προϊόντος με τη χρήση καταγεγραμμένων αναγνωριστικών στοιχείων, κατά τη διαδρομή του μέσα σε ένα εφοδιαστικό κύκλωμα και μέχρι την τελική του παράδοση στον πελάτη.

Η σπουδαιότητα της ιχνηλασιμότητας αναδείχτηκε στα τέλη του προηγούμενου αιώνα μέσα από την εγκαθίδρυση συστημάτων διασφάλισης ποιότητας κατά τα πρότυπα ISO 9000. Σύμφωνα με το διεθνή κανονισμό (ISO 8402, 1994) η ιχνηλασιμότητα ορίζεται ως η ικανότητα ανίχνευσης του ιστορικού, της χρήσης ή και του τόπου όπου βρίσκεται μια οντότητα, με τη χρήση καταγεγραμμένων πληροφοριών. Το 2000 έγινε ακόμα μια προσθήκη στον ορισμό σύμφωνα με την οποία εάν η οντότητα αναφέρεται σε προϊόν, η ιχνηλασιμότητα μπορεί να αναφέρεται στη προέλευση των πρώτων υλών και τμημάτων του προϊόντος, στο ιστορικό επεξεργασίας και διανομής, καθώς και στον εντοπισμό του προϊόντος μετά τη τελική του διάθεση.

Από τα παραπάνω καθίσταται φανερό πως η ιχνηλασιμότητα είναι μια αυστηρά οργανωμένη διαδικασία αναγνώρισης στοιχείων και συλλογής δεδομένων που σχετίζονται με μια σειρά «κινήσεων» του προϊόντος στο εφοδιαστικό κύκλωμα όπως οι παραλαβές, οι ενδοδιακινήσεις, οι μεταφορές, οι αναλώσεις πρώτων υλών και ημιτέτοιμων, η συσκευασία και οι αναλώσεις των υλικών της, οι φορτώσεις κ.ο.κ.

1. Ιχνηλασιμότητα, ορίζεται επίσημα ως: Η ικανότητα παρακολούθησης της διακίνησης ενός αγαθού κατά τις φάσεις της παραγωγής επεξεργασίας και διανομής του.
2. Είναι η ικανότητα ιχνηλάτησης της πορείας κάθε επιμέρους μονάδος προϊόντος.
3. Η ιχνηλασιμότητα είναι η καταχώρηση όλης της διαδρομής του προϊόντος μεταξύ των τμημάτων της εταιρείας μέχρι τον τελικό καταναλωτή.
4. Η ιχνηλασιμότητα είναι ένα σύνολο διαφανών κανόνων και ενεργειών, που συνδέουν και συσχετίζουν, κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο, το τελικό παραδοτέο προϊόν.
5. Ως ιχνηλασιμότητα ορίζεται η ικανότητα ανίχνευσης (trace) του ιστορικού, της εφαρμογής και της θέσης μιας οντότητας (entity), μέσω καταγεγραμμένων πληροφοριών.

6.4.2 Αποτελεσματικότητα

Η αποτελεσματικότητα της ιχνηλασιμότητας, εξαρτάται από την ικανότητά της να δίνει στοιχεία για το ΤΙ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΕΓΙΝΕ και όχι για το ΤΙ ΕΠΡΕΠΕ ΝΑ ΓΙΝΕΙ.

Αυτό σημαίνει ότι η ιχνηλασιμότητα, πρέπει να παρακολουθεί σε πραγματικό χρόνο τις διαδικασίες και τελείως ανεξάρτητα, χωρίς δηλαδή να αποτελεί τμήμα των διαδικασιών αυτών και να μπορεί να συνδέεται άμεσα και αρμονικά με τα συστήματα αυτοματισμού και μηχανογράφησης της επιχείρησης.

6.4.3 Προβλήματα της ιχνηλασιμότητας

Κατά την εφαρμογή στην πράξη την ιχνηλασιμότητας, υπάρχουν περιοριστικοί παράγοντες οι οποίοι κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες: τα τεχνικά προβλήματα και στο κόστος.

Τεχνικά προβλήματα: Σε ό,τι αφορά τα τεχνικά προβλήματα, αυτά πηγάζουν κυρίως από εγγενή χαρακτηριστικά όπως η φύση των πρώτων υλών, το μέγεθος των παρτίδων, οι διαδικασίες παραγωγής, συσκευασία και μεταφορά, το πλήθος των ενδιάμεσων σταδίων, ο αριθμός των εμπλεκόμενων επιχειρήσεων, καθώς και το μέγεθός τους. Αλλά, πάλι τεχνικά προβλήματα αφορούν στην ροή των πληροφοριών (αναξιόπιστες πληροφορίες, δυσκολία ή αδυναμία στην μεταφορά πληροφοριών μεταξύ των επιχειρήσεων) ή στην διαχείριση των προϊόντων (επανασυσκευασία των προϊόντων, ανάμιξη παρτίδων κ.λ.π.).

Κόστος: Σε ό,τι αφορά το κόστος, αυτό είναι δύσκολο να υπολογιστεί ακριβώς.

Εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως: το είδος του προϊόντος, το είδος της τεχνολογίας που υποστηρίζει την ιχνηλασιμότητα, τον όγκο των πληροφοριών που διατηρούνται, την πολυπλοκότητα της εφοδιαστικής αλυσίδας, το μέγεθος της επιχείρησης, το διαχειριστικό σύστημα της επιχείρησης κ.λ.π.. Για να αξιολογήσει κανείς το κόστος, από της εφαρμογή της ιχνηλασιμότητας, θα πρέπει να το συγκρίνει με το κόστος της μη εφαρμογής της, αλλά να το εξετάσει και σφαιρικά από την σκοπιά όλων των εμπλεκόμενων. Έτσι, δεν θα πρέπει να περιοριζόμαστε μόνο στο κόστος των

επιχειρήσεων, αλλά να έχουμε κατά νου και το κοινωνικό κόστος από την μη εφαρμογή της ιχνηλασιμότητας και κυρίως το κόστος σε περιόδους κρίσης.

6.4.4 Εφαρμογή

Η διαδικασία παρακολούθησης μπορεί να ξεκινά με την απλή καταγραφή των παρτίδων σε κάθε κίνηση. Πρέπει, με άλλα λόγια, να καταγράφονται όλες οι φυσικές κινήσεις των διακινούμενων μονάδων που γίνονται στην αποθήκη και στην παραγωγή. Το ζητούμενο είναι ποιος είναι ο όγκος των δεδομένων που δημιουργείται και πώς αυτά τα διαχειριζόμαστε ειδικά, όταν μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα πρέπει να δώσουμε απάντηση στα ερωτήματα «πού χρησιμοποιήθηκε τί και σε ποιόν παραδόθηκε τι». Ενώ μπορούμε να κάνουμε την καταγραφή όλων αυτών των κινήσεων με χαρτί και μολύβι και χειρόγραφες ετικέτες.

Η εταιρεία δεν διαθέτει κανένα σύστημα ιχνηλασιμότητας. Ένα αρχικό σύστημα ιχνηλασιμότητας θα μπορούσε να είναι μια προτυπομένη φόρμα. Η φόρμα αυτή θα αναρτάται πάνω σε κάθε κιβώτιο διακίνησης ημιτέτοιμων προϊόντων μέσα στην επιχείρηση.

Ένα από τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι ότι μπορεί να εφαρμοστεί άμεσα χωρίς κόστος και χωρίς κάποια ιδιαίτερη εκπαίδευση των εργαζομένων.

Βλέποντας πως η εταιρεία παράγει ημερησίως 1000-1200 τεμάχια παρατηρούμε ότι θα μπορούσαμε να ορίσουμε ως παρτίδα την ημερήσια παραγωγή. Με αυτό τον τρόπο θα αποφύγουμε τυχόν ανάμειξη μεταξύ παρτίδων όπως επίσης και θα είναι πιο ευέλικτες και εύκολο να εντοπίσουμε κάποια προβληματική παρτίδα.

Συγχρόνως θα πρέπει να δημιουργηθεί μια απλή βάση δεδομένων ή ένα αρχείο που θα ενημερώνεται όμως κάθε φορά που:

- Αλλάζει η παρτίδα της πρώτης ύλης.
- Αλλάζει η παρτίδα της ρητίνης ή της πρώτης ύλης.
- Αλλάζει η παρτίδα της εποξυπολυεστερικής ρητίνης (πούδρας βαφής)
- Γίνεται αλλαγή κοπτικών εργαλείων
- Αλλάζει παρτίδα μηχανισμών
- Πραγματοποιείται νέα ρύθμιση στον εξοπλισμό
- Πραγματοποιείται εργασία συντήρησης του εξοπλισμού

Το μέγεθος παρτίδας για το σώμα προτείνεται να οριστεί στα 1200 τεμάχια που είναι ο ημερήσιος όγκος παραγωγής. Ο αριθμός παρτίδας διαμορφώνεται από την ημερομηνία ώστε να είναι μοναδικός. Επειδή τα κιβώτια στα οποία μετακινούνται τα ημιέτοιμα προϊόντα είναι χωρητικότητας 600 τεμαχίων, δίπλα από τον αριθμό παρτίδας θα αναγράφεται αν είναι το πρώτο ή το δεύτερο κιβώτιο παραγωγής.

Το προϊόν αποτελείται από 3 μέρη: το σώμα, το καπάκι και τον μετρητικό μηχανισμό. Επομένως θα πρέπει να υπάρχουν τρία διαφορετικά δελτία:

- Ένα για την παραγωγή του σώματος,
- Ένα για την παραγωγή του καπακιού
- Ένα για την συναρμολόγηση

Δελτίο ιχνηλασιμότητας σώματος

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ	92345	
ΠΟΣΟΤΗΤΑ	20.000	
ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ	1200	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΤΙΔΑΣ 1/17
ΠΡΟΙΟΝ	ΣΩΜΑ 3/4 "	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ	130213B	
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΑΡΧΙΚΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
1. Δημιουργία πυρήνα		
2. Χύτευση		
3. Απομάκρυνση άμμου		
4. Κοπή προσεπιχωνευμάτων		
5. Έλεγχος στεγανότητας		
6. Βολή		
7. Βαφή		
8. Εσωτερική οπή		
9. Σπείρωμα οπής by-pass		
10. Τόρνευση-σπείρωμα		
11. Εσωτερικές εσοχές		

Δελτίο Ιχνηλασιμότητας Καπακιού

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ		
ΠΟΣΟΤΗΤΑ		
ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΤΙΔΑΣ 1/15	
ΠΡΟΙΟΝ	Καπάκι	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ	130213B	
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	ΑΡΧΙΚΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
1. Δημιουργία πυρήνα		
2. Χύτευση		
3. Απομάκρυνση άμμου		
4. Κοπή προσεπιχωνευμάτων		
5. Βολή		
6. Διάνοιξη οπών		
7. Τόρνευση-σπείρωμα		
8. Λείανση δακτυλίου		
9. Γυάλισμα		

Δελτίο ιχνηλασιμότητας συναρμολόγησης

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΑΓΓΕΛΙΑΣ			
ΠΟΣΟΤΗΤΑ			
ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ		ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΑΡΤΙΔΑΣ 1/15	
ΠΡΟΙΟΝ		Υδρόμετρο	
ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΑΡΤΙΔΑΣ		1302131	
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ		ΑΡΧΙΚΑ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΥ	ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ
Υποπροϊόν	Αρ.Παρτίδας		
Σώμα			
Καπάκι			
Μηχανισμός			
Βαθμονόμηση			
Σειριακός Αριθμός			
Από			
Εως			

7. Αναμενόμενα αποτελέσματα

Κάθε πρόταση που αναφέρθηκε, επιλέχθηκε με απώτερο σκοπό να βελτιώσει τη λειτουργία της επιχείρησης. Οι επιλογές των προτάσεων ήταν τέτοιες ώστε να είναι άμεσα εφαρμόσιμες και με ελάχιστο κόστος. Στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε συνοπτικά τα αποτελέσματα που αναμένουμε για κάθε πρόταση βελτίωσης.

7.1 Ιχνηλασιμότητα

Τα αναμενόμενα αποτελέσματα από την εφαρμογή της ιχνηλασιμότητας είναι τα ακόλουθα:

- i. Πιθανότητα για βελτιωμένο έλεγχο διαδικασιών.
- ii. Ενδείξεις αιτίας και αποτελέσματος, όταν το προϊόν δεν ακολουθεί τα πρότυπα ποιότητας.
- iii. Πιθανότητα συσχετισμού δεδομένων του προϊόντος, με χαρακτηριστικά των πρώτων υλών και επεξεργασία των δεδομένων.
- iv. Καλύτερος σχεδιασμός, για βελτιστοποίηση της χρήσης της πρώτης ύλης.
- v. Αποφυγή οικονομικά, ασύμφορης μίξης πρώτων υλών χαμηλής και υψηλής ποιότητας.
- vi. Ευκολία ανάκτησης πληροφορίας, σε περίπτωση διοικητικών ποιοτικών ελέγχων.
- vii. Καλύτερη βάση για υλοποίηση λύσεων τεχνολογίας πληροφορικής.
- viii. Βελτίωση της αποδοτικότητας της επιχείρησης.

Εκτός αυτών συμπεράνουμε ότι θα υπάρχουν και οφέλη στην αλυσίδα εφοδιασμού, όπως :

1. Δημιουργία βάσης για αποτελεσματική ανάκληση προϊόντων, ώστε να μειωθεί το κόστος.
2. Χρήση της πληροφορίας προέλευσης των πρώτων υλών για αποτελεσματικότερο έλεγχο ποιότητας.

3. Αποφυγή περιττών επαναλήψεων μετρήσεων σε δύο ή περισσότερα διαδοχικά στάδια της αλυσίδας.
4. Δυνατότητα περαιτέρω βελτίωσης της εμπιστοσύνης του καταναλωτή.
5. Δυνατότητα συμμόρφωσης με τις ισχύουσες ή αναμενόμενες νομικές διατάξεις, για την ποιότητα των προϊόντων.
6. Ενίσχυση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών.

7.2 Αρχείο συντήρησης εξοπλισμού

Με τήρηση του αρχείου συντήρησης εξοπλισμού συμπεραίνουμε ότι τα αποτελέσματα μπορούν να είναι άμεσα. Με τη χρήση του η επιχείρηση θα είναι σε θέση να υπολογίσει πολλά κόστη που μέχρι τώρα μπορεί να ήταν κρυφά ή μη υπολογίσιμα. Πλέον με τη μελέτη του αρχείου θα μπορεί η διοίκηση της επιχείρησης :

- Να συμπεράνει αν ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται πλέον καθίσταται ασύμφορος παραγωγικά ή οικονομικά.
- Να κάνει επιλογή των βέλτιστων ανταλλακτικών
- Σε συνδυασμό με την ιχνηλασιμότητα να βελτιώσει την ποιότητα των προϊόντων
- Να υπολογίσει άμεσα και γρήγορα το ακριβές κόστος ανταλλακτικών και εργατοώρας
- Να αυξήσει την παραγωγικότητα
- Να προβεί σε προληπτική αντικατάσταση για μείωση κόστους και χρόνων

7.3 Διαγράμματα ελέγχου για μεταβλητές

Μέχρι σήμερα οι μετρήσεις που πραγματοποιούνταν μπορεί, ενώ έδειχναν εντός ορίων, να ήταν παραπλανητικές. Τυχαίος αριθμός δειγμάτων σε τυχαία χρονικά διαστήματα δεν μπορεί να δίνουν μια αξιόπιστη εικόνα για την ποιότητα των χαρακτηριστικών. Τα διαγράμματα εύρους-μέσης τιμής θα μπορούσαμε να τα αποκαλέσουμε «καρδιογράφημα» της παραγωγικής διαδικασίας. Με συνεχείς μετρήσεις και ανάλυση των δεδομένων η

επιχείρηση μπορεί να είναι σίγουρη ότι έχει τη σωστή εικόνα για τα σημαντικά χαρακτηριστικά των προϊόντων που επέλεξε να παρακολουθεί. Σε περίπτωση απόκλισης ή και τάσης απόκλισης των τιμών αυτών των χαρακτηριστικών θα υπάρξει έγκαιρη προειδοποίηση και επίσης από το σχήμα της καμπύλης θα είναι ευκολότερο να προσδιοριστεί η αιτία που την προκάλεσε.

Το συμπέρασμα που βγάζουμε μετά την χρήση του διαγράμματος μέσης τιμής – ακραίας διαφοράς, είναι πως οι τιμές των λαμβανομένων δειγμάτων βρίσκονται εντός του επιτρεπόμενου ορίου αλλά κινούνται ελαφρώς πτωτικά, γεγονός που δείχνει πως πιθανότατα να υπάρχει μικρή βαθμιαία απορρύθμιση της μηχανής.

Ο συνδυασμός χρήσης των διαγραμμάτων ελέγχου, της ιχνηλασιμότητας και του αρχείου συντήρησης συμπεραίνουμε ότι μπορεί να αποδειχθεί πολύτιμος και αποκαλυπτικός για την ποιότητα, αποτελεσματικότητα, διάρκεια ζωής, αποδοτικότητα κ.ά του εξοπλισμού, των εργαλείων και των υλών που εμπλέκονται.

7.4 Διαγράμματα αιτίου – αποτελέσματος

Κατά τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας είναι αναπόφευκτο να μη παρουσιαστούν αστοχίες στα παραγόμενα προϊόντα. Κάθε αστοχία έχει κάποια βαρύτητα και το ανάλογο αντίκτυπο στη διαδικασία παραγωγής. Όσο μεγαλύτερη βαρύτητα και σημασία έχει αυτή η αστοχία ανάλογες θα είναι και οι επιπτώσεις, κάτι που μπορεί να οδηγήσει και σε πλήρη παύση όλης της παραγωγής έως ότου απαλειφθεί η εν λόγω αστοχία.

Μέσω των διαγραμμάτων αιτίου-αποτελέσματος συμπεραίνουμε ότι μας δίνεται η ευκαιρία να μειωθεί σημαντικά ο χρόνος διερεύνησης της αιτίας που ευθύνεται για την αστοχία. Όλοι οι πιθανοί παράγοντες είναι συγκεντρωμένοι και είναι ευκολότερο να διερευνηθούν διεξοδικά, σε όλα τα επίπεδα σε σχετικά μικρό χρόνο. Σε συνδυασμό με μελέτη του αρχείου συντήρησης μπορεί να οδηγήσει στον άμεσο εντοπισμό της αιτίας αφού μπορεί η εμφάνιση της αστοχίας να συνδέεται άμεσα με τη χρήση κάποιου νεοεμπλεκομένου υλικού ή κάποιας λάθος ρύθμισης.

Βιβλιογραφία

- Αντζουλάκος, Δημήτριος (2008). *Στατιστικός Έλεγχος Ποιότητας*. 2^η έκδ. Πειραιάς: Πανεπιστήμιο Πειραιά. p.3-33.
- Δερβιτσιώτης, Κώστας Ν. (2005). *Διοίκηση Ολικής Ποιότητας*. 2^η έκδ. Αθήνα: Νομική Βιβλιοθήκη. p.19-31, p.181-194.
- Καρμίρης, Αλέξης (2003). *Έλεγχος Ποιότητας*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. p.22-60.
- Λεώπουλος, Β.Ι.Ν (2003). *Συστήματα Διαχείρισης Ποιότητας*. Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο . p.111-121.
- International Organization for Standardization (2005). ISO 4064-1:2005 Measurement of water flow in fully charged closed conduits – Meters for cold potable and hot water, Part1: Specifications, Switzerland
- Joglekar, A. M. (2003). *Statistical Methods for Six-Sigma*. New Jersey: Wiley-Interscience. p.135-140.
- Moore, Ron (2006). *Selecting the Right Manufacturing Improvement Tools*. Knoxville: Elsevier. p.135-144.
- Oakland, J. S. (2008). *Statistical Process Control*. 6th ed. Oxford : Elsevier. p.18-20, 105-116.
- Pyzdek, T (2003). *The six sigma handbook*. San Francisco: McGraw-Hill. p.393-405, 467-476.
- Van Dorp, C. A. (2002). *Tracking and Tracing: a structure for development and contemporary practices*. Logistics Information Management 15, (1), pp. 24-33
- Wheat B., Mills C. & Carnell M. , (2003). *Leaning Into Six Sigma : A Parable of the Journey to Six Sigma and a Lean Enterprise* . San Francisco: McGraw-Hill.
- Official Journal of the European Union (2004) *DIRECTIVE 2004/22/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT ON MEASURING INSTRUMENTS*

Πηγές στο διαδίκτυο

EUR-Lex — Access to European Union law. Διαθέσιμο στο: <http://eur-lex.europa.eu>. [Accessed 24 November 2012].

FlowIndex. 2013. *Main Page - FlowIndex*. Διαθέσιμο στο: <http://www.flowmeters.info>. [Accessed 20 November 2012].

Laia LTD. 2012. Διαθέσιμο στο: <http://laia.com.cy/index.php/2013-09-02-20-31-35/2013-09-02-20-39-43>. [Accessed 22 November 2012].

Litre Meter Limited. 2012. *Litre Meter Limited*. Διαθέσιμο στο: <http://www.litremeter.com>. [Accessed 22 November 2012]

Maddalena spa. 2012. Διαθέσιμο στο: <http://www.maddalena.it/index.php>. [Accessed 24 November 2012].